

S12 Pääteiden parantamisratkaisut

Törmäyskokeet sivuojaan vuosina 2000 ja 2001

Tiehallinnon selvityksiä 8/2003



S12 Pääteiden parantamisratkaisut

Törmäyskokeet sivuojaan vuosina 2000 ja 2001

Tiehallinnon selvityksiä 8/2003

Kannen kuva: TKK tielaboratorio

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-002-2
TIEH 3200798

ISSN 1459-1553 (www.tiehallinto.fi)
ISBN 951-803-003-0 (www.tiehallinto.fi)
TIEH 3200798-v (www.tiehallinto.fi)

Multiprint Oy
Vaasa 2003

Julkaisua myy/saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652
E-mail: julkaisumyynti@tiehallinto.fi

TIEHALLINTO
Tekniset palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 22 150

Asiasanat: Ojat, liittymät, yksittäisonnettomuudet, liikenneturvallisuus
Aiheluokka: 31, 82

TIIVISTELMÄ

Tutkimus kuuluu Tiehallinnon strategiseen projektiin S12 Pääteiden parantamisratkaisut. Kokeet on tehnyt Teknillinen korkeakoulu. Kokeet on suunniteltu yhdessä Ruotsin tielaitoksen ja Chalmersin yliopiston kanssa, jossa tehdään törmäyskokeiden tulosten perusteella simulointimalli ojien muotoilua varten.

V-muotoisessa ojassa, jonka sisäluiskan korkeus oli 1 m ja kaltevuus 1:3 ja ulkoluiskan 2 m ja 1:2, tehtiin 14 törmäyskoetta. Autojen paino oli 900 tai 1500 kg, nopeus 60, 80 tai 100 km/h ja suistumiskulma 3, 5, 10 tai 20 astetta. Joissakin törmäyksissä auto ohjattiin ojassakin kauko-ohjaimella. Osassa testejä mitattiin myös autoon kohdistuneet kiihtyvyydet.

Tulokset

1. Auto kiipeää yli 2 m ulkoluiskan kaikissa 10 asteen törmäyksissä, joissa ei tehty ohjausliikettä tielle päin. Edes alhainen nopeus, 62 km/h, ei estä autoa kiipeämästä 2 m korkeuteen. Yhdessä 20 asteen törmäyksessä auto kaatui ja jatkoi sitten yli 2 m korkeuteen.
2. Yli 1,5 m kiipeämiskorkeus on mahdollinen kaikilla suistumiskulmilla (5...20 astetta). Ohjausliikettä käytettäessä auto kiipesi enintään 1,3 m korkeuteen. Samoin ainoassa 3 asteen törmäyksessä.
3. Auto kaatui useimmissa 20 asteen törmäyksissä, kun ojan pohjaa ei pyöristetty. Auton lentää sisäluiskan yli ja oikea etukulma osui ulkoluiskaan. Itse törmäys ei aiheuta autossa olijoihin suurempia kiihtyvyyksiä kuin jäykkä kaide. Törmäyksen jälkeen auto kieri ympäri.
4. Myös yhdessä 10 asteen törmäyksessä ohjausliike näyttää aiheuttaneen kaatumisen.
5. Autot eivät kaatuneet sisäluiskassa käytetyllä 1:3 lusikalla. Pyörät irtosivat maan pinnasta vain hyvin lyhyellä matkalla, kun suistumiskulma oli enintään 10 astetta.
6. Jos auto ei lentänyt 2 m korkuisen ulkoluiskan yli, autot useimmiten törmäsivät jyrkkäluiskaisesta yksityistieliittymää vastaavaan ojan päähän.
7. Ulkoluiskan korvaava betonikaide osoittautui vaarallisen kovaksi jo 10 asteen kulmalla, kun kaide on ojan pohjalla. Auto törmäsi rajusti ja kaatui. Vaakasuoralla maalla tehdyissä kokeissa vastaavat betonikaiteet toimivat kohdullisen hyvin vielä 20 asteen kulmassa.

Ojan pohjan pyöristämisen vaikutusta 20 asteen törmäyksissä tutkitaan myöhemmin simuloinneilla.

Erillisissä kokeissa asennettiin neljä puupylvästä yksityistieliittymää vastaavan ojan päätyluiskan eteen. Tuloksena oli puinen 1:10 luiska alkuperäisen 1:1,5 maalusikan sijaan. Törmäysnopeus oli 80 km/h ja 900 kg painoisen auton keskilinja oli $\frac{1}{4}$ auton leveydestä tielle päin. Ensimmäisessä kokeessa auto lensi liittymän yli ja laskeutui pyöriin liittymän takana olevalle asfaltille. Seuraavissa testeissä asfaltin päälle levitettiin 0,2 m kerros löysää soraa. Autojen vasen etukulma osui kaikissa testeissä soraan ja auto kaatui rajusti. Ajoneuvot joutuivat kiertoliikkeeseen heti lennon alkuvaiheessa.

Keywords: Ditch, traffic safety, impact test

SUMMARY

This study has been planned for the Finnish Road Administration and the Swedish Road Administration. The results will be used for developing road side design guidelines and for developing a simulation model for slope design. The model will be developed in the Chalmers University in Gothenburg by Robert Thompson. Tests were carried out by the Helsinki University of Technology.

In a V-shape ditch with a 1 m high 1:3 inner slope and 2 m high 1:2 outer slope 14 tests were done. Cars had 900 kg or 1500 kg mass, 60, 80 or 100 km/h speed and impact angle of 3, 5, 10 or 20 degrees. In some impacts the car was steered in the ditch by a remote control. ASI and OIV values were measured in some of the impacts.

The tests showed:

1. A car normally climbs higher than 2 m upwards from the ditch bottom, when the impact angle is 10 degrees and there is no steering back towards the road during the impact. This is possible even with low speeds, such as 60 km/h.
2. A car can climb up to 1,5 m in other angles, 5 and 20, as well, when no steering is used. The height was smaller only with 3 degrees angle or when the car was steered.
3. When the angle was 20 degrees the car flew over the inner slope and crashed into the outer slope. It caused pitching or rolling of the car, but the accelerations were not extremely high. In one of the cases the car flew them over the 2 m high outer slope.
4. Steering seems to have caused roll over in one of the steered 10 degrees impacts, too.
5. The wheels of the car lost contact to the 1:3 inner slope for a very short time only when the impact angle was 5 or 10 degrees.
6. If the cars did not go over the outer slope they normally crashed into the end of the ditch which sloped like a small steep sloped intersection. The crash caused high accelerations in some cases.
7. In one of the tests a concrete barrier was installed instead of the outer slope in the bottom of the ditch. The impact caused a roll over. This kind of barriers has a much better performance in a flat area.

The effect of rounding of the ditch bottom on the performance, especially at 20 degree angle, may later be studied by means of simulation.

In a separate tests four wood poles were installed in front of the end of the intersection at the end of the ditch. As a result there was wooden 1:10 slope instead of the 1:1,5 earth slope at both sides of the intersection. In the impact tests the speed was 80 km/h and there was a ¼ off set from the ditch bottom to the centre line of the 900 kg car. In the first test the car got a flight over the intersection and landed upright on the asphalt behind the intersection. In the other tests there was 0.2 m thick layer of loose gravel on the asphalt behind the intersection. Then the right corner of the car crashed into the gravel which resulted in severe pitching or rolling over.

ESIPUHE

Tutkimus kuuluu Tiehallinnon strategiseen projektiin S12 Pääteiden parantamisratkaisut.

Tutkimus kuuluu myös Ruotsin tielaitoksen ja Suomen Tiehallinnon yhteiseen selvitykseen, jossa kehitetään aikaisempaa turvallisempia ojapoikkileikkauksia. Suomen osuutena ovat törmäyskokeet ja Ruotsin osuutena simuloinnin kehittäminen. Lisäksi Ruotsissakin tehtiin muutama törmäyskoe ja Suomessa varaudutaan osallistumaan simulointeihin.

Törmäyskokeet teki Teknillisen korkeakoulun tielaboratorio. Raportin on laatinut Kari Laakso (TKK) ja Kari Lehtonen (Tiehallinto).

Simulointeja varten tietoja on kerännyt Robert Thomson Chalmersin yliopistosta Göteborgista. Ruotsin tielaitoksen yhdyshenkilö oli Anders Strömberg. He osallistuivat aktiivisesti myös koesarjan suunnitteluun.

Helsinki lokakuu 2002

Tiehallinto
Tekniset palvelut

Sisältö

| | | |
|----|--------------------------------------|----|
| I | TÖRMÄYSKOKKEET SIVUOJAAN | 9 |
| 1 | JOHDANTO | 9 |
| 2 | TÖRMÄYSKOKKEET | 10 |
| 3 | TULOKSET | 12 |
| II | TÖRMÄYSKOKKEET YKSITYISTIELIITTYMÄÄN | 15 |
| 4 | PUINEN TÖRMÄYSVAIMENNIN | 15 |
| 5 | LIITTEET | 22 |

I TÖRMÄYSKOKEET SIVUOJAAN

1. JOHDANTO

Kaiteiden käyttöä ja luiskien muotoilua koskevan suunnitteluohjeen laatimista varten on tarpeen selvittää:

1. Kuinka ylös ulkoluiskaan kallioluiska, siltapilari tai opastustaulu pitäisi sijoittaa, ettei siihen törmäämistä tarvitse estää kaiteella.
2. Kuinka loiva sisäluiska tarvitaan, ettei auto kaadu sisäluiskassa.
3. Kuinka terävä sisä- ja ulkoluiskan taite saa olla, ettei auto kaadu tai törmää ulkoluiskaan.
4. Miten ojan pohjan pyöristäminen vaikuttaa suistumisetäisyyteen ja ojassa kaatumiseen.
5. Miten pientareen ja sisäluiskan taitteen pyöristäminen vaikuttaa sisäluiskassa kaatumiseen.
6. Voiko ojan taakse suistumista ehkäistä ulkoluiskaa jyrkentämällä tai sijoittamalla riista-aita ulkoluiskan taakse.

Kysymykset on tarkoitettu ratkaista kahdella menetelmällä:

- Yksi ojamuoto 1:3 sisäluiska 1:2 ulkoluiska tutkitaan törmäyskokein tavallisimmilla suistumiskumilla ja nopeuksilla.
- Muut ojamuodot arvioidaan simuloinnilla, kun simulointimalli on kalibroitu törmäyskokeiden tulosten perusteella.

Tässä raportissa tarkastellaan vain törmäyskokeita.

2. TÖRMÄYSKOKEET

Kokeet aloitettiin ojalla, jonka sisäluiskan kaltevuus oli 1:3 ja ojan syvyys 1 m. Sisäluiskaksi valittiin 1:3 eikä nykyisin yleisesti käytetty 1:4, koska haluttiin selvittää myös 1:3 luiskan toimivuus. Jos auto kaatuisi jo sisäluiskassa, luiskaa voitaisiin myöhemmissä kokeissa loiventaa. Jos auto ei kaatuisi sisäluiskassa, loivemmat tapaukset voitaisiin selvittää simuloimalla. Sen sijaan testattua jyrkemman simulointi voisi olla epäluotettavaa.

Ulkoluiskan kaltevuus oli 1:2 ja korkeus 2 m. Ulkoluiskan kaltevuus on yleisesti käytössä Suomessa ja Ruotsissa. Ulkoluiskan korkeus kuvaa leikkausta, jotta saadaan selville, kuinka korkealle auto kiipeää. Tavallisen sivuojan tilanne, jossa ulkoluiskan korkeus on vain 0,5...1 m, voidaan arvioida näidenkin tulosten perusteella.

Ensimmäisissä kokeissa ojan pohjaa ei pyöristetty. Koska muutamissa tapauksissa auto törmäsi ulkoluiskaan ja kaatui, kokeessa 15 ojan pohja pyöristettiin ja samalla oja rakennettiin matalammaksi. Ojan syvyys oli 0,5 metriä. Loivemmat pyöristykset voidaan tutkia simuloimalla.

Ojan päässä oli yksityisliittymää vastaava maaluis-ka ilman rumpuputkea.

Ojan luiskat olivat soraa. Ojan pohjalla paljastui savi. Savi oli melko kovaa, vaikka sen päälle kertyi ajoittain vähän vettä. Ajoneuvon jättämät jäljet olivat varsinkin etuluiskassa paikoitellen heikot.

Kokeisiin valittiin suistumiskulmat 5, 10 ja 20 astetta, jotka yhdessä kattavat suurimman osan suistumisista. Joillakin kulmilla tutkittiin myös ojassa tehdyn kauko-ohjaimella tehdyn ohjausliikkeen vaikutusta, koska autoa pyritään tavallisestikin ohjaamaan ojassa. Törmäysnopeudet olivat 60, 80 tai 100 km/h.

Kokeissa käytettiin EN 1317-1 mukaisia autojen painoja (900 ja 1500 kg), ja osassa kokeita kiihtyvyydet mitattiin EN 1317-1:n mukaisesti. Tällöin ojan turvallisuutta voitaisiin verrata kaiteiden turvallisuuteen. Suurin osa kokeista tehtiin kuitenkin ilman antureita, koska vain suurella toistomäärällä nähdään autojen kulkuratojen hajonta. Siksi käytettiin myös erilaisia automalleja.

Viimeisessä kokeessa tutkittiin ulkoluiskan korvaavaa betonikaidetta. Sillä voitaisiin estää auton törmääminen puihin tavallisessakin sivuojassa.

Lisäksi oli tarkoitus kokeilla ulkoluiskan yläreunaan sijoittua yhdistettyä riista-aitaa ja kaidetta, mutta kokeet piti lopettaa ennen kuin kokeista ehdittiin sopia valmistajien kanssa.

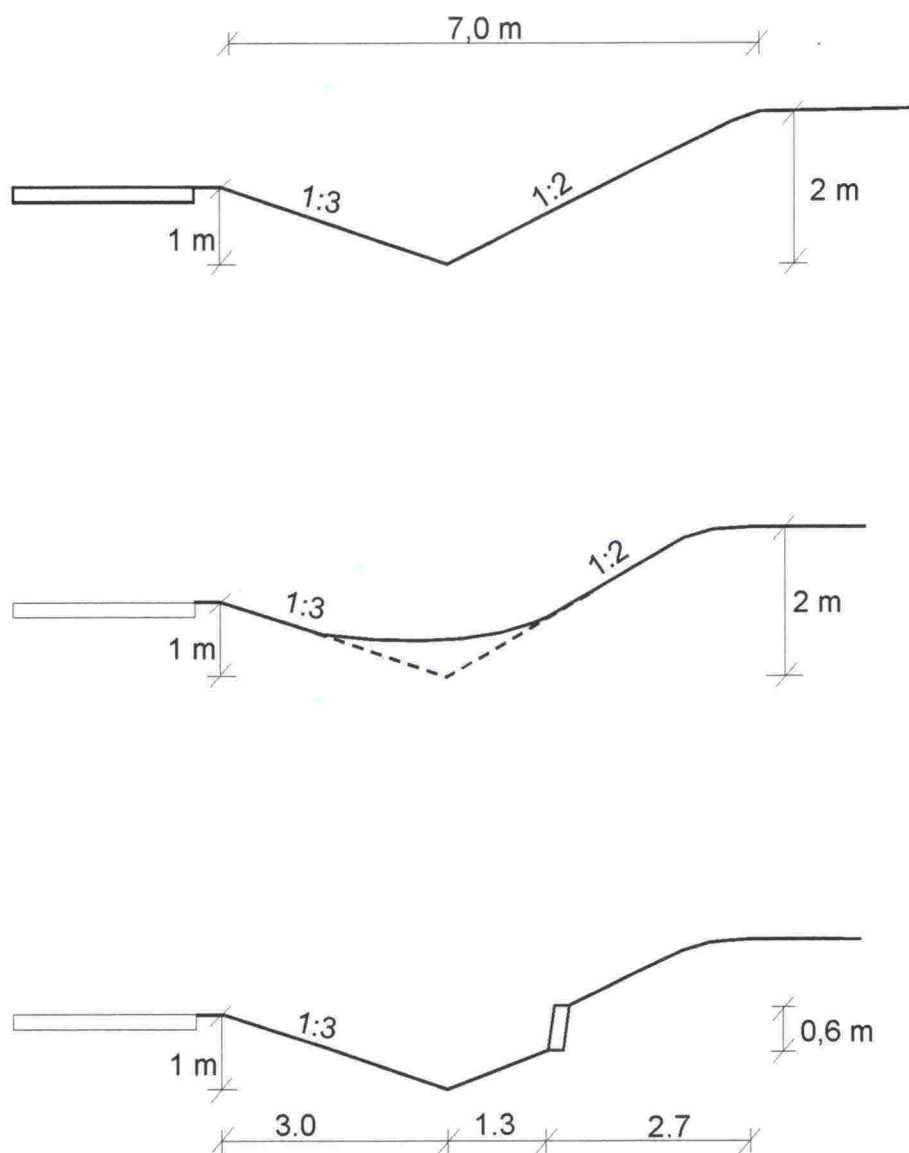


Figure 1. The cross sections of ditches tested.

Kuva 1. Ojaprofiilien poikkileikkaukset

3. TULOKSET

Tulokset on esitetty taulukossa 1 ja liitteissä.

Table 1. Test results. Explanations:

A = maximum vertical distance from the bottom the ditch to the right wheel track
B = car went over the outer slope
C = car returned back to the road

D = car stopped in the ditch
E = car stopped at the end of the ditch
F = roll over

Taulukko 1. Törmäyskokeet ojassa

| koe | ajoneuvo | paino | nopeus | kulma | auton uloimman jäljen korkeus ojan pohjasta A | sijainti -yli B -tielle C -ojaan D -päähän E | Kaatuiko auto |
|--|----------------|-------|--------|---------------|---|--|------------------|
| | | (kg) | (km/h) | (°) | (m) | | (kyllä/ei) |
| V-oja 1:3, h=1 m; 1:2, h=2 m | | | | | | | |
| 1 | Peugeot 205 | 900 | 84 | 4 | 2,0 | Päähän | |
| 2 | Peugeot 205 | 900 | 78 | 3 | 0,2 | Päähän | |
| 3 | Peugeot 205 | 900 | 102 | 5,7 | 1,4 | Päähän | |
| 4 | MB 200 D | 1500 | 81 | 3,6 | 1,6 | Päähän | |
| 5 | Talbot Horizon | 900 | 82 | 20,0 | 2,0 | Päähän | |
| 6 | Peugeot 205 | 900 | 79 | 20,0 | 2,0 | Ojaan | Kaatui F |
| 7 | Talbot Horizon | 900 | 107 | 19,3 | >2,0 | Yli | Kaatui F |
| 8 | Peugeot 205 | 900 | 83 | 9,9 | >2,0 | Yli | |
| 9 | Ford Fiesta | 900 | 81 | 9,0 + ohjaus | etuluiska 0,5 | Tielle | |
| 10 | Ford Fiesta | 900 | 62 | 10,0 | >2,0 | Yli | |
| 11 | MB 200 D | 1500 | 82 | 9,7 | >2,0 | yli | |
| 12 | Fiat Ritmo | 900 | 82 | 10,7 + ohjaus | 1,2 | ojaan | Kaatui F |
| 13 | Peugeot 205 | 900 | 82 | 10,0 + ohjaus | 1,3 | päähän | |
| 14 | Talbot Horizon | 900 | 100 | 9,9 | >2,0 | yli | |
| U-oja 1:3, h= 0,5 m; pyöristys; 1:2, h=1,5 m | | | | | | | |
| 15 | Talbot Horizon | 900 | 96 | 10,0 | >2,0 | yli | |
| V-oja 1:3, h=2 m; 1:2, h=0,6 m ja betonikaide h=0,5 m | | | | | | | |
| 16 | Peugeot 205 | 900 | 105 | 10,0 | 0,6 | ojaan | Kaatui F |

1. Kuinka ylös ulkoluiskaan kallioluiska, siltapilari tai opastustaulu pitäisi sijoittaa, ettei siihen törmäämistä tarvitse estää kaiteella.

Auto kiipeää yli 2 m ulkoluiskaan kaikissa 10 asteen törmäyksissä, joissa ei tehty ohjausliikettä tielle päin. Edes alhainen nopeus, 62 km/h, ei estä autoa kiipeämästä 2 m korkeuteen. Yhdessä 20 asteen törmäyksessä auto kaatui ja jatkoi sitten yli 2 m korkeuteen.

Yli 1,5 m kiipeämiskorkeus on mahdollinen kaikilla suistumis-kulmilla (5...20 astetta).

Ohjausliikettä käytettäessä auto kiipesi enintään 1,3 m korkeuteen. Samoin ainoassa 3 asteen törmäyksessä

2. Kuinka loiva sisäluiska tarvitaan, ettei auto kaadu sisäluiskassa.

Autot eivät kaatuneet sisäluiskassa käytetyllä 1:3 lusikalla. Pyörät irtosivat maan pinnasta vain hyvin lyhyellä matkalla, kun suistumiskulma oli enintään 10 astetta

3. Kuinka terävä sisä- ja ulkoluiskaan taite saa olla, ettei auto kaadu tai törmää ulkoluiskaan.

Auto kaatui useimmissa 20 asteen törmäyksissä, kun ojan pohjaa ei pyöristetty. Auton lentää sisäluiskaan yli ja oikea etukulma osui ulkoluiskaan. Itse törmäys ei aiheuta autossa olijoihin suurempia kiihtyvyyksiä kuin jäykkä kaide. Törmäyksen jälkeen auto kieri ympäri. Myös yhdessä 10 asteen törmäyksessä ohjausliike aiheutti kaatumisen.

4. Miten ojan pohjan pyöristäminen vaikuttaa suistumis-etäisyyteen ja ojassa kaatumiseen.

Pyöristetyssä ojassa 10 asteen kulmassa suistunut auto jatkoi ulkoluiskaan yli samalla tavalla kuin pyöristämättömässä, mikä oli odotettua. Pyöristetyssä ojassa ei voitu kokeilla 20 asteen kulmaa, jolloin olisi nähty vältetäänkö kaatumisen, ja jatkaako auto silloin ulkoluiskaan yli.

5. Miten pientareen ja sisäluiskaan taitteen pyöristäminen vaikuttaa sisäluiskassa kaatumiseen.

Tätä ei kokeiltu, koska pyöristämätönkään 1:3 luiska ei kaatanut autoa.

6. Voiko ojan taakse suistumista ehkäistä ulkoluiskaa jyrkentämällä tai sijoittamalla riista-aita ulkoluiskaan taakse.

Ulkoluiskaan korvaava betonikaide osoittautui vaarallisen kovaksi jo 10 asteen kulmalla, kun kaide on ojan pohjalla. Auto törmäsi rajusti ja kaatui. Vaakasuuralla maalla tehdyissä kokeissa vastaavat betonikaiteet toimivat kohtuullisen hyvin vielä 20 asteen kulmassa.

Ulkoluiskaan sijoitettua yhdistettyä kaidetta ja riista-aitaa ei voitu testata.

7. Muita havaintoja

Auton pyörät jättivät luiskiin selvät mutta matalat jäljet. Jälkien syvyyttä pitäisi verrata tavallisen tien luiskiin jääviin jälkiin. Pyöristetyssä ojassa ojan pohja oli tiivistämätöntä mursketta. Siihen jäi hiukan syvempi jälki. Luiskien ja renkaiden välistä kitkaa ei vertailtu ruohopeitteillä luiskalla saavutettavaan kitkaan.

Törmäyskokeissa mitattuja ajoneuvon kulkuratoja voidaan käyttää suhteellisen helposti simulointia kalibroitaessa. Myös mitattuja ASI- ja THIV-arvoja voidaan käyttää.

Pienellä kulmalla suistuneista autoista suurin osa törmäsi ojan päässä olevaan yksityistieliittymää muistuttavaan luiskaan. Törmäys on raju, jos törmäyskohta on lähellä ojan pohjaa.

Kokeiden toteutuksessa oli suurta hajontaa suistumiskulman tavoitearvon ollessa 5°. Pienellä suistumiskulmalla ajoneuvo kulki pisimmän matkan ilman ohjausta ja sillä oli eniten aikaa erehtyä suunnasta. Pienellä suistumiskulmalla ajoneuvot pysyivät luiskien välissä.

Ojaan suistuminen ei ole kovin vaarallista vielä 10° kulmalla. Vaara aiheutuu törmäämisestä sivutieliittymään, mahdollisesti törmäämisestä ojan takana koviin törmäyskohteisiin ja ajoneuvon kaatamisesta ohjausvirheen takia pyrittäessä äkkina-

sesti takaisin tielle. Luiskakaltevuudella 1:3 ajoneuvoa ei saatu vauhdissa takaisin tielle käytössä olevalla ojapituudella. Ohjaamaton ajoneuvo nousi korkean takaluiskan yli jo suhteellisen pienellä nopeudella. Vaikka ajoneuvot kaartoivat luiskan suuntaan yllättävän paljon, ne eivät pysyneet luiskien sisäpuolella.

Ulkoluiskaan törmäminen 20° kulmalla on intensiteetiltään verrattavissa törmäämiseen jäykähköön kaiteeseen. Suurimmat ajoneuvon hidastuvuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin kaiteeseen törmätessä. Ajoneuvo alkaa helposti pyöriä pituusakselinsa ympäri. Koetilanteessa ulkoluiska oli korkea, mikä saattoi edesauttaa auton kaatumista. Jos ulkoluiska olisi ollut matalampi, ajoneuvot olisivat voineet hypätä luiskan yli. Kaatumista edelsi korin etukulman iskeytyminen luiskaan. Autot hyppäsivät etuluiskan yli ojan pohjalle ja eturenkaan jouset painuivat pohjaan. Jousien palautuminen ja etukulman iskeytyminen saivat aikaan kaatumiseen johtavan kiertoliikkeen.

Kahdessa kokeessa ojaa muotoiltiin. Kokeessa 15 ojaa täytettiin murskeella ja ojan pohja pyöristettiin. Mursketta ei tiivistetty ja ojan pohja jäi huomattavasti pehmeämmäksi kuin pelkän kairuun jälkeen. Ajoneuvo jätti ojaan syvät urat ja ilmeisesti pehmeän pohjan takia kääntyi jyrkemmin kohti vastaluiskaa kuin muissa vastaavissa kokeissa.

Kokeessa 16 ulkoluiskaan rakennettiin betonielementeistä kaide. Kaide esti ajoneuvon kiipeämistä vastaluiskan yli, mutta törmäys kaiteeseen oli niin raju, että ajoneuvo pyöri ympäri.

II TÖRMÄYSKOKKEET YKSITYISTIELIITTYMÄÄN

4. PUINEN TÖRMÄYSVAIMENNIN

Törmäyksissä yksityistieliittymiin kuolee useita ihmisiä joka vuosi. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tapahtuu jotakuinkin saman verran kuin törmäämisissä pylväisiin. Auto törmää rummun päähän tai jyrkkään luiskaan ja pysähtyy siihen rajusti tai pyörii ympäri.

Törmäystä yksityistieliittymään on vaikea estää kaiteella. Liittymien muotoilu loivemmiksi on kallista. Siksi päätettiin tutkia neljästä puisesta puhelinpylvästä tehtyä luiskaa. Rakenne on esitetty kuvassa 2. Rakenteen korkeus oli 1,0 m. Ojan etuluiska rakennettiin kaltevuuteen 1:3 ja takaluiska kaltevuuteen 1:2. Sivutieliittymää vasten pantiin nojaamaan neljä painekyllästettyä pylvästä ojan suuntaisesti. Keskimmaiset pylväät olivat pituudeltaan 10,0 m. pitkiä ja reunimmaiset 7,0 m. Puut tarvitaan liittymän molemmille puolille. Ennen liittymää auto kulki lyhyen matkan ojaa pitkin. Liittymän takainen alue oli tasainen.

Rakenne on erittäin halpa, ja sopivalla sijoittelulla voidaan vähentää ojan ja rummun hoidolle tulevia haittoja. Rakenteen ulkonäkö voi aluksi oudoksuttaa, mutta se on pieni ongelma suureen kuolleiden määrään verrattuna. Varastamisen estämiseksi puut on kiinnitettävä hyvin luiskaan.

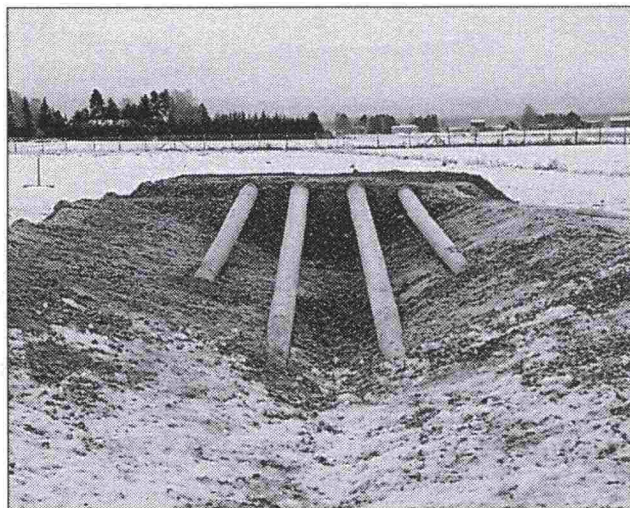


Figure 2. Crash attenuator for cross slope made by wooden columns.

Kuva 2. Puupylväistä koottu törmäysvaimennin yksityistieliittymiin.

Törmäyskokeeksi valittiin EN 1317-3 mukainen törmäyskoe, jossa auto törmää 80 km/h nopeudella ojan suuntaisesti törmäysvaimentimeen. Auton keskilinja on kuitenkin hiukan ($\frac{1}{4}$ auton leveydestä) sivussa törmäysvaimentimen ja ojan keskilinjasta.

Ensimmäisessä törmäyskokeessa auto nousi puiden päältä ilmalentoon ja laskeutui liittymän takana pyöriin. Alue oli kuitenkin päällystetty ja aivan tasainen.

Ennen seuraavia kokeita liittymän takana olevalle alueelle levitettiin 0,2 m kerros soraa. Tällöin sen pitäisi vastata pehmeäkköä ojan pintaa. Ojan sisä- ja ulkoluiskaa ei kuitenkaan muotoiltu.

Seuraavissa kokeissa auto nousi puiden päältä loivaan ilmalentoon ja laskeutui liittymän takana. Siellä auton vasen etunurkka osui soraan ja auto pyörähti ympäri. Näin kävi kaikissa kolmessa kokeessa.

Kaikissa kokeissa ajoneuvo hyppäsi siirtyessään päällysteeltä ojaan. Siirtyminen tasaiselta täyteen luiskakaltevuuteen tehtiin lyhyen – noin 3,0 metrin – matkalla. Ensimmäisessä kokeessa ajoneuvon vasemmat pyörät nousivat reunimmaisen puun yli ja ajoneuvo liukui pitkin keskimmaisia pylväitä. Muissa kokeissa ajoneuvo nousi ylös pitkin kahta reunimmaista pylvästä. Pylväät olivat eri mittaisia ja ne joustivat eri tavalla. Eroa korosti auton hyppäminen pylväiden päälle. Pitkät keskimmaiset pylväät joustivat enemmän. Keskimmaisten pylväiden osalta joustamisesta johtuva nousun jyrkentyminen sivutieliittymän päälle ja pylväiden taipuman palautumisen katapulttivaikutus saivat ajoneuvon kierteiselle radalle.

Johtopäätöksenä todettiin, että puut estävät tehokkaasti rajun törmäyksen liittymän luiskaan ja rummun päähän. Auton ilmalennon jälkeinen laskeutuminen ja siihen liittyvä pyörähdys nokan kautta katolle tai kyljelleen on kuitenkin liian raju. Puut eivät poista kaikkia onnettomuuksien seurauksia ja voivat joissain tapauksissa jopa lisätä niitä. Siksi laitetta ei pitäisi ottaa käyttöön.

Tarvitaan laite, joka samalla hidastaa auton nopeutta.

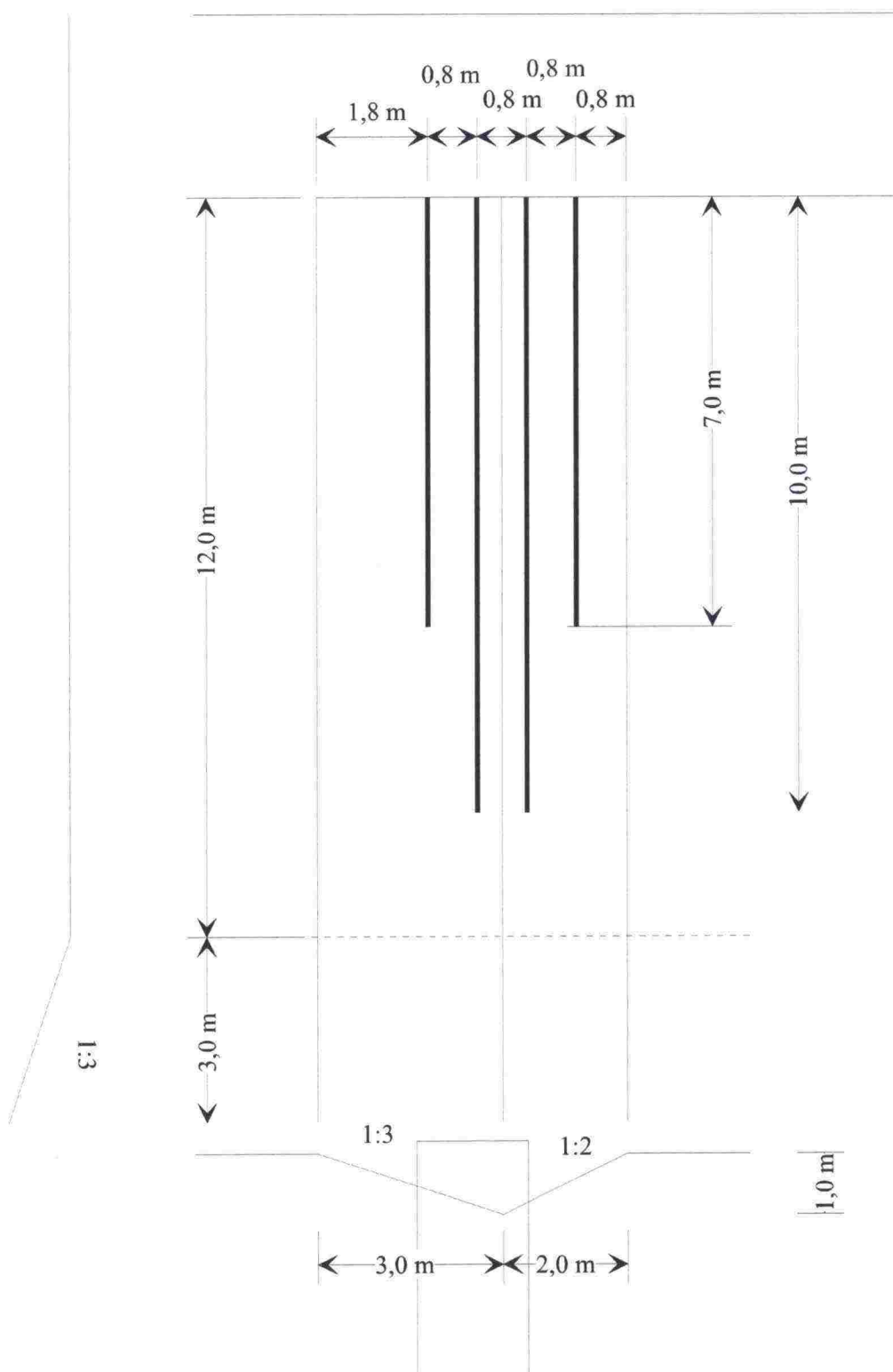


Figure 3. Sketch of the wooden slope.

Kuva 3. Periaatepiirros puisesta törmäysvaimentimesta.

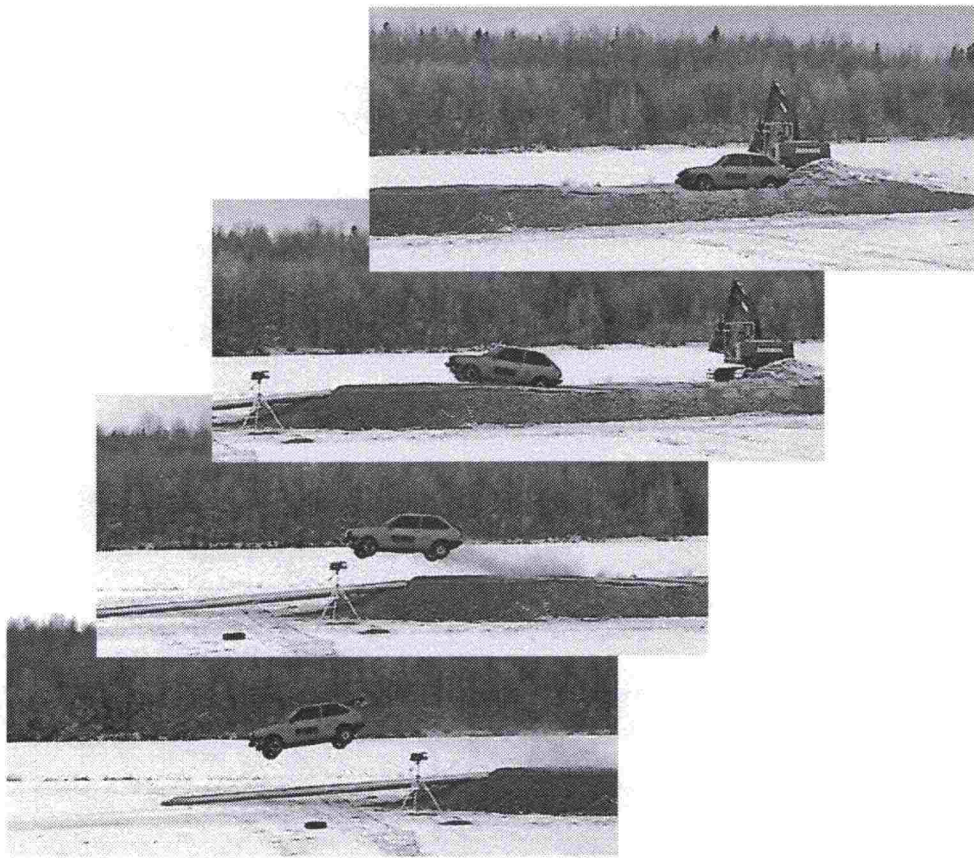


Figure 4. The fly of the vehicle was quite stabile in the first test.

Kuva 4. Kuvasarja ensimmäisestä kokeesta. Ajoneuvo pysyi pystyssä.

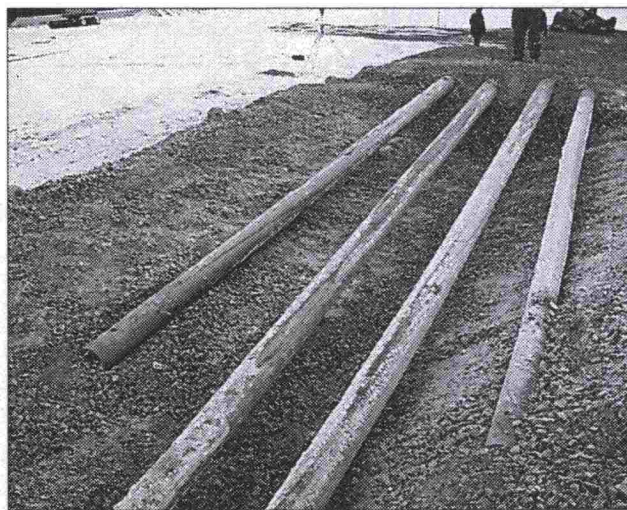


Figure 5. On the second test the vehicle turned over.

Kuva 5. Toisessa kokeessa ajoneuvo pyöri katolleen.

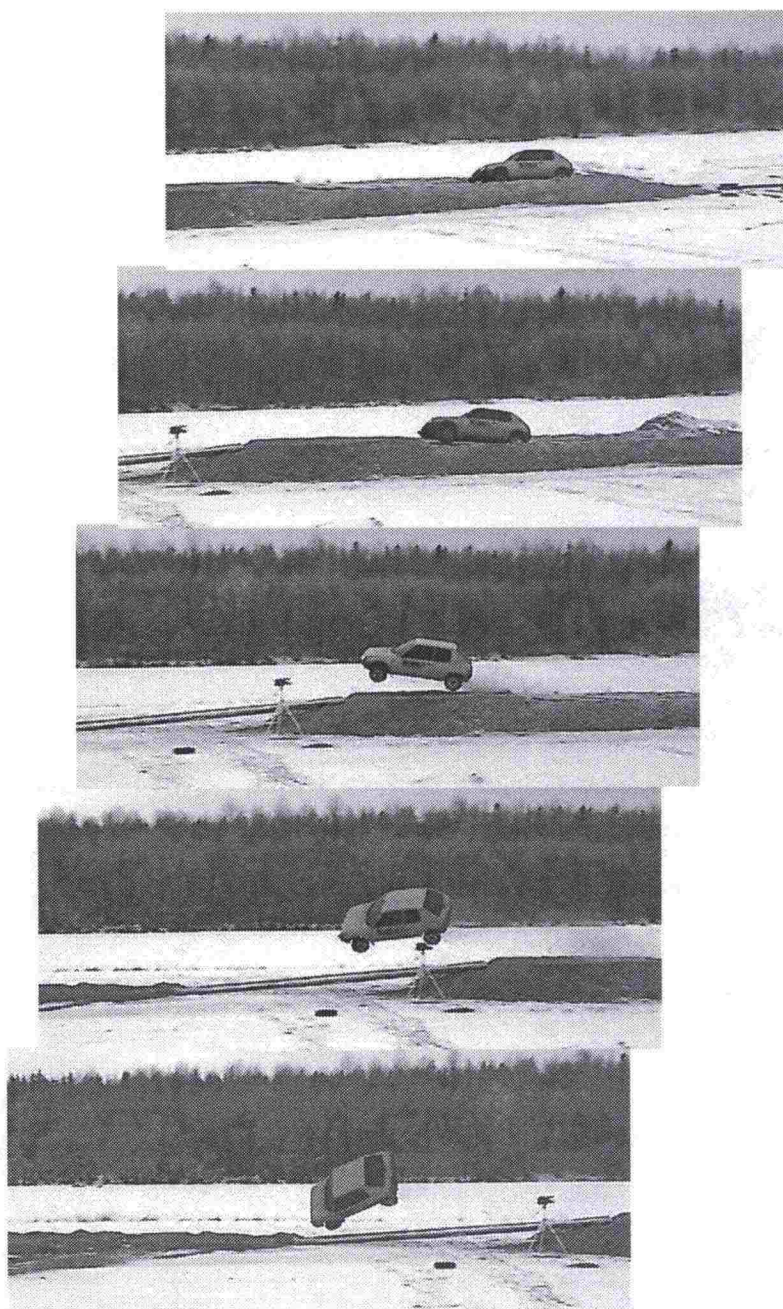


Figure 6. On the third test the vehicle landed the left front corner ahead and rolled over several times.

Kuva 6. Kolmannessa kokeessa ajoneuvo laskeutui maahan vasen etukulma edellä ja pyöri useita kertoja ympäri.

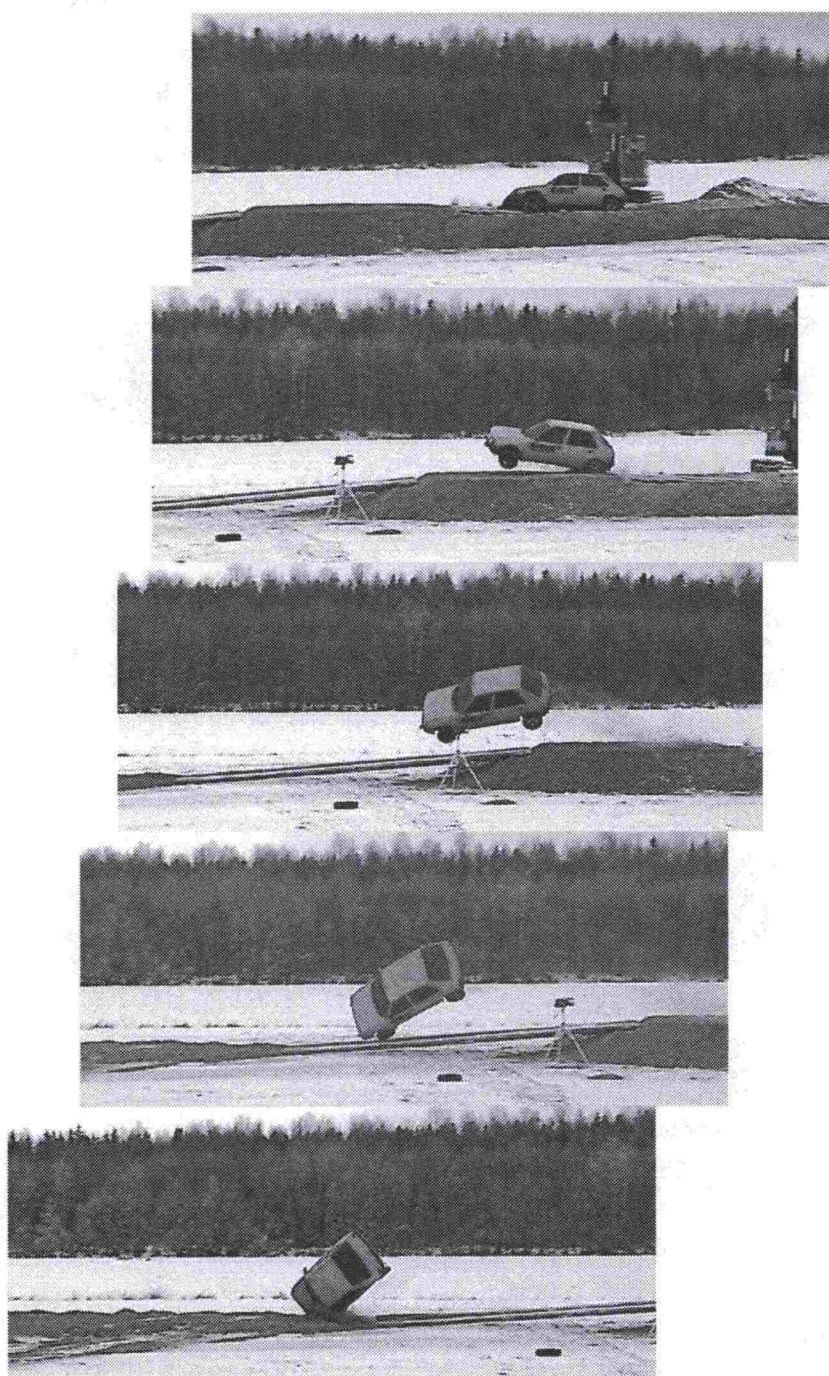


Figure 7. The fourth test was similar to the third test. The vehicle went flying for a shorter distance than previous tests.

Kuva 7. Neljäs koe oli lähes toisinto toisesta ja kolmannesta kokeesta. Ajoneuvon hyppy oli hiukan lyhyempi.

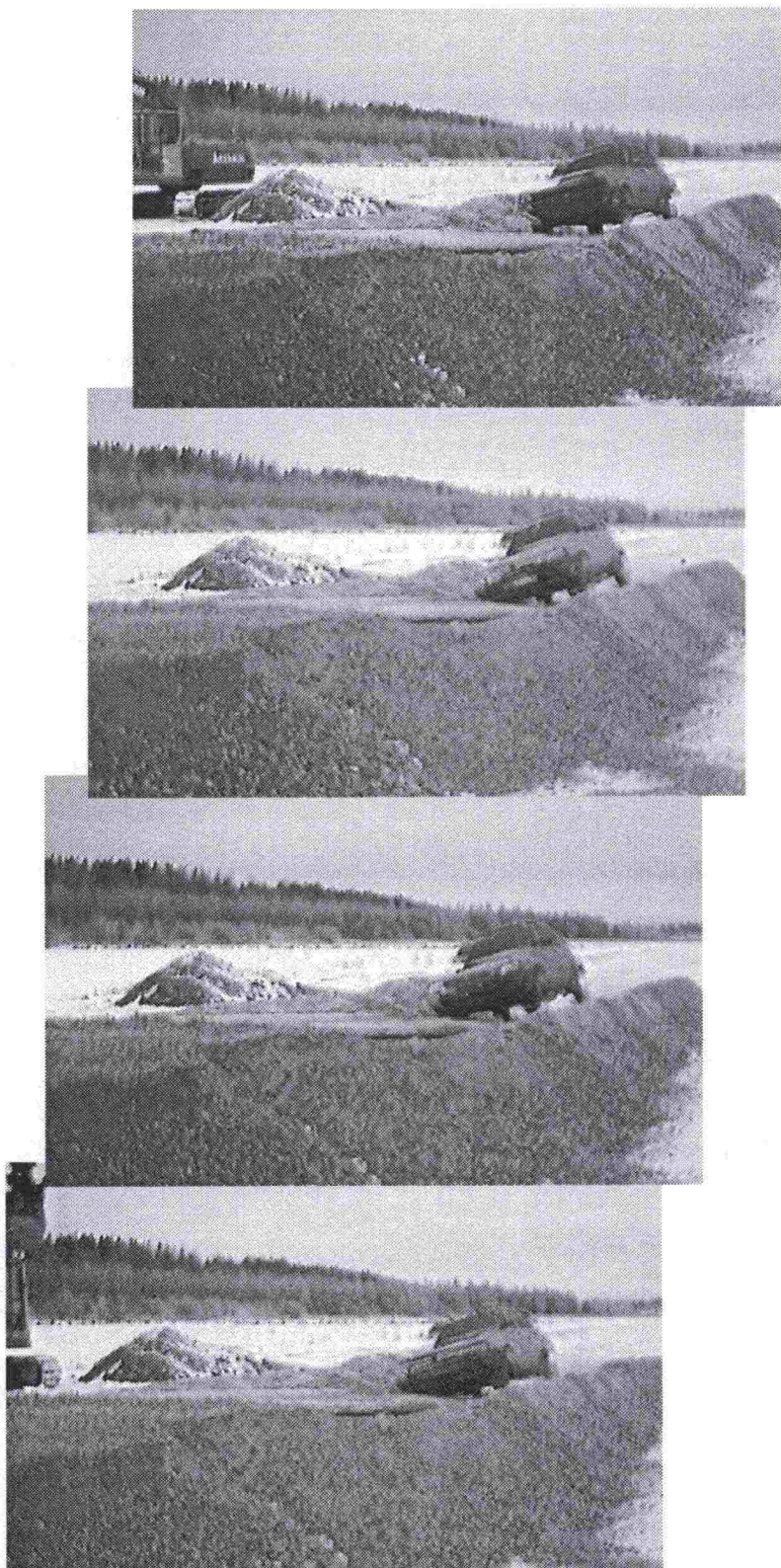


Figure 8. The vehicle entry to the wooden slope seems to be very similar.

Kuva 8. Vertailu neljän kokeen välillä. Ensimmäisessä kuvassa auto näyttäisi olevan hiukan korkeammalla kuin muissa kokeissa. Auton etupyörä oli osunut hiukan ohjauksenirrotuslaitteen rakenteisiin.

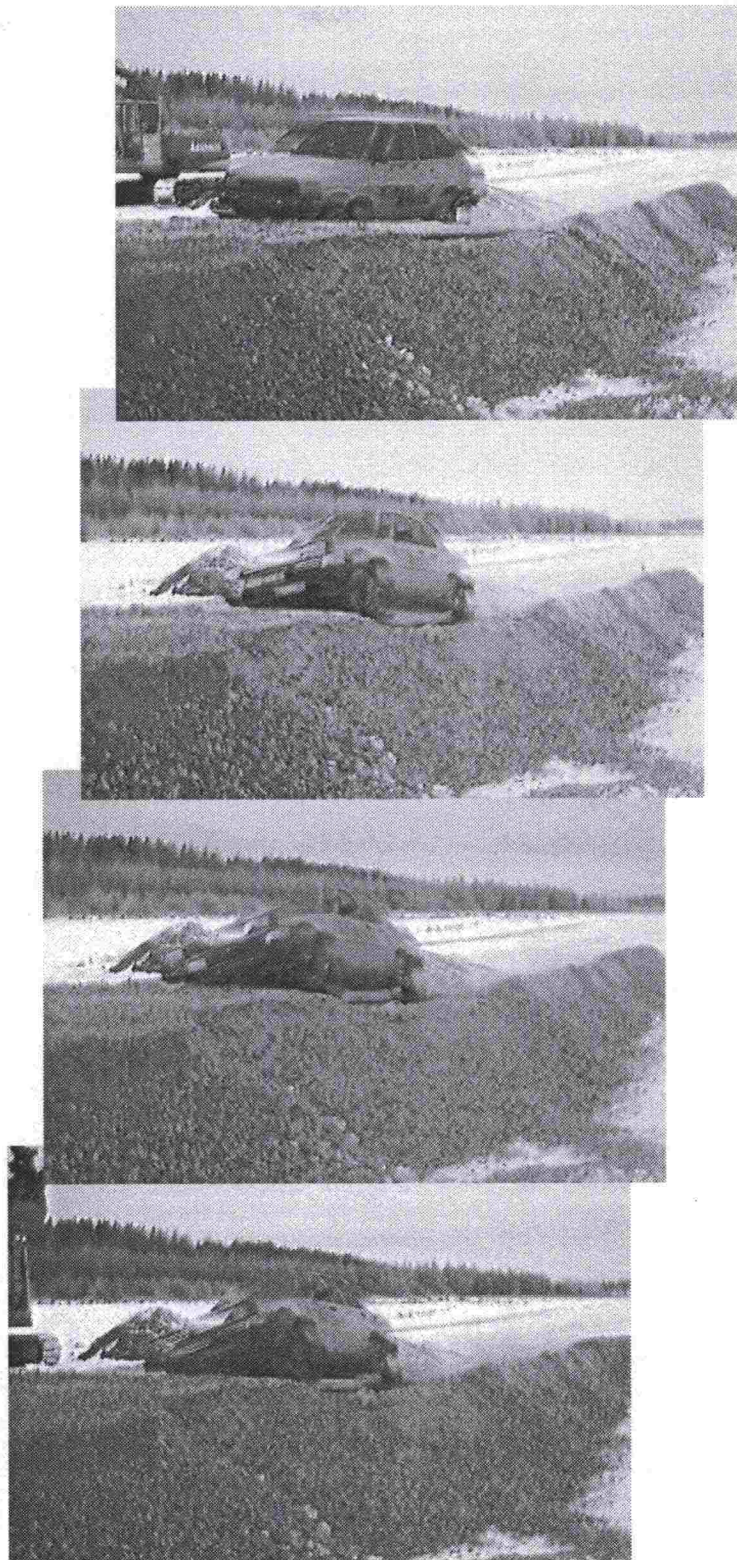


Figure 9. At the first test the vehicle slid along the two middle columns. At the following tests the vehicle slid along the two leftmost columns.

Kuva 9. Ensimmäisessä kokeessa auto liukui pitkin kahta keskimmäistä pylvästä. Muissa kokeissa auto kulki pitkin kahta reunimmaista pylvästä.

5. LIITTEET

Liite 1 VALOKUVAT

Liite 2 AJONEUVON RATA KOKEISSA

Liite 3 KIIHTYVYYSMITTAUSTULOKSET

VALOKUVAT

Test 1. Peugeot 205, 84 km/h, 4 ° - tarkkaa kulmaa ei mitattu

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Oikean puoleiset renkaat nousivat ulkoluiskan harjalle. Kiihtyvyyksmittauksia ei tehty.



Figure 10. The vehicle path in the ditch

Kuva 10. Ajoneuvon rata ojassa.



Figure 11. The vehicle survived almost without damages.

Kuva 11. Ajoneuvon vahingot jäivät hyvin pieniksi.

Figure 13. Hitting the end of the ditch caused the damages to the vehicle.

Kuva 13. Ajoneuvon vauriot aiheutuivat törmämisestä "sivutieliittymään"

Test 2. Peugeot 205, 78 km/h, 3 ° - tarkkaa kulmaa ei mitattu

Ajoneuvo kulki tasaisesti, kunnes törmäsi rajusti ojan päähän. Toinen kiihtyvyyksmittari mittasi kiihtyvyydet törmäyksen "sivutieliittymään" ja kiihtyvyydet olivat suuria. Toinen kiihtyvyyksmittari aloitti mittaamisen liian aikaisin ja kiihtyvyydet olivat mitättömiä – ensimmäiseen mittaukseen mittarin liipaisukiihtyvyyks asetettiin liian alhaiseksi.



Figure 12. The impact angle was smaller than meant to be. The vehicle exceeded the bottom of the ditch only slightly.

Kuva 12. Suistumiskulma oli aiottua pienempi. Ajoneuvo pysyi lähes kokonaan sisäluiskan puolella ja törmäsi lopuksi rajusti "sivutieliittymään".



Figure 13.

Kuva 13.

Test 3. Peugeot 205, 102 km/h, 5,7 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Ajoneuvo kaartoi ulkoluiskalta takaisin tielle. Oikea etupyörä iski sivutieliittymään ja ajoneuvo alkoi pyöriä katon kautta ympäri. Kiihtyvyyssmittauksissa on pieni piikki kohdassa, jossa auto osui ojan pohjalle. ASI-arvo oli noin 0,25.



Figure 14. The vehicle turned back to the "road" from backslope. The right side tyres crossed the cross slope and the vehicle rolled over.

Kuva 14. Ajoneuvo kaartoi ulkoluiskasta takaisin "tielle". Auto osui hiukan "sivutieliittymään" ja pyöri useita kertoja katon kautta ympäri.



Figure 15. The occupant compartment collapsed while the vehicle rolled over.

Kuva 15. Matkustajatila painui kasaan auton pyöriessä

Test 4. Mercedes Benz 200 D (123), 81 km/h, 3,6 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti ja suoraan muuten, mutta ulkoluiskassa kulkiessa ajoneuvon perä kiertyi hiukan myötäpäivään.



Figure 16. The Mercedes Benz 200D was used as a test vehicle.

Kuva 16. Neljännessä kokeessa testiajoneuvona käytettiin Mercedes Benz 200D henkilöautoa.



Figure 17. The vehicle did not suffer any damages.

Kuva 17. Ajoneuvo ei vahingoittunut kokeessa.

Test 5. Talbot Horizon, 81 km/h, 20,0 °

Törmäys ulkoluiskaan hiljensi ajoneuvon nopeutta paljon. Auto liukui ulkoluiskassa kylki edellä.



Figure 18. The vehicle leaved hit marks on the backslope.

Kuva 18. Kuvan etuosassa näkyy jäljet auton iskeytymisestä ulkoluiskaan

Test 6. Peugeot 205, 79 km/h 20,0 °

Ajoneuvon oikea etukulma törmäsi ulkoluiskaan ja auto sai kimmokkeen, mistä ajoneuvo pyöri katon kautta ympäri. Auton tuulilasi irtosi törmäyksessä ulkoluiskaan.



Figure 20. The tyre prints end soon after hitting the back slope.

Kuva 20. Renkaiden jäljet loppuvat pian ulkoluiskaan törmäyksen jälkeen.



Figure 19. The right front side buckled.

Kuva 19. Etukulma painui hiukan sisään törmäyksessä.



Figure 21. The vehicle remained upside down at the ditch bottom.

Kuva 21. Ajoneuvo päättyi katolleen ojan pohjalle

Test 7. Talbot Horizon, 107 km/h, 19,3 °

Ajoneuvon nopeus oli suurempi kuin edellisissä törmäyksissä ja auto lensi suistumisen jälkeen suoraan ulkoluiskaan. Ajoneuvo pyöri katon kautta ympäri ja kulki ojan taakse. Ajoneuvon koriin tuli muodonmuutoksia jo törmäyksessä ulkoluiskaan.



Figure 22. The vehicle rolled over the backslope.

Kuva 22. Auto kaatui ulkoluiskassa ja pyöri ojan taakse

Test 8. Peugeot 205, 83 km/h 9,9 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Renkaat näyttivät koskettavan maata koko ojaan suistumisen ajan. Auto kulki ojan taakse.



Figure 24. The path and location of the vehicle after the impact.

Kuva 24. Ajoneuvon rata ja sijainti kokeen jälkeen



Figure 23. The occupant containment suffered bad damages.

Kuva 23. Matkustajatila vaurioitui pahoin.

Test 9. Ford Fiesta, 81 km/h 9,0 °

Ohjausliike oli hiukan liian suuri ja auto kävi vain ojan reunalla. Auton perä kiertyi hiukan vastapäivään.



Figure 25. The right tyres hardly crossed the edge of the ditch before the vehicle turned out from the ditch.

Kuva 25. Ajoneuvo kävi vain ojan reunalla ja jatkoi kaartamista kentällä.



Figure 26. The vehicle did not suffer any damages.

Kuva 26. Ajoneuvo ei kärsinyt vaurioita kokeessa.

Test 10. Ford Fiesta, 62 km/h 10,0 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Renkaat koskettivat maata koko ajan. Auto kulki ojan taakse.



Figure 27. The path of the vehicle. After the ditch the vehicle turned right.

Kuva 27. Ajoneuvon rata. Ojan jälkeen auto kaartoi oikealle.



Figure 28. The front right suspension may be damaged after the vehicle has crossed the ditch.

Kuva 28. Ajoneuvon vauriot jäivät vähäisiksi. Oikea etupyörä on voinut vahingoittua myös ojan jälkeen.

Test 11. Mercedes Benz 200 D (123), 82 km/h 9,7 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Renkaat koskettivat maata koko ajan. Auto kulki ojan taakse.



Figure 29. The vehicle crossed the slopes.

Kuva 29. Ajoneuvo kulki ojan taakse.

Test 12. Fiat Ritmo, 82 km/h, 10,7 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti siihen asti, kun sitä yritettiin ohjata takaisin tielle. Auto kääntyi liian jyrkästi ja kaatui katon kautta ympäri.



Figure 30. The vehicle rolled over after attempting to steer it out of the ditch.

Kuva 30. Ajoneuvon rata. Auto kaatui ja pyöri katon kautta ympäri, kun sitä yritettiin kauko-ohjata takaisin tielle.



Figure 31. Despite the vehicle rolled over, the vehicle remained quite good condition.

Kuva 31. Pyörimisestä huolimatta ajoneuvon matkustajatila pysyi hyvässä kunnossa.

Test 13. Peugeot 205, 82 km/h 10,0 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Auton kulkiessa pitkin ulkoluiskaa perä laahasi hiukan. Kuvista ei huomata ohjausliikkeen vaikutusta, mutta ajoneuvo pysyi ojassa.



Figure 32. With the more moderate steering manoeuvre the vehicle remained in the ditch but the run was stabile.

Kuva 32. Edellistä koetta maltillisemmalla ohjauksella ajoneuvo ei noussut pois ojasta.



Figure 33. The vehicle path from the opposite direction.

Kuva 33. Ajoneuvon rata toisesta suunnasta.

Test 14. Talbot Horizon, 100 km/h, 9,9 °

Ajoneuvo kulki tasaisesti. Renkaat koskettivat maata koko ajan. Auto kulki ojan taakse.



Figure 34. The vehicle path was almost direct.

Kuva 34. Ajoneuvo kulki ojan yli lähes suoraan.



Figure 35. The vehicle may be damaged by falling off the high backslope.

Kuva 35. Ajoneuvo saattoi vaurioitua myös auton pudotessa korkealta ulkoluiskalta.

Test 15. Talbot Horizon, 96 km/h, 10,0 °

Ajoneuvo kulki ojan yli nopeuden juuri hidastumat-
ta. Täyttö oli pehmeämpi kuin ojan pohja aikai-
semmin, rengasurien syvyys oli jopa 45 mm. Ajo-
neuvo kaartoi jyrkemmin ulkoluiskaan ja kulki ojan
taakse.



Figure 36. The vehicle path.

Kuva 36. Ajoneuvon rata.

Test 16. Peugeot 205, 105 km/h, 10,0 °

Ajoneuvo törmäsi betoniseinään ja kaatui katon
kautta ympäri. Oikea etupyörä osui maahan hiu-
kan ennen betoniseinää. Ylösponnahtaminen ai-
heutti ajoneuvon kaatumisen. Verrattuna aikai-
sempiin kokeisiin seinä kuitenkin käänsi ajoneu-
von liikkeen ojan suuntaiseksi – auto ei enää kul-
kenut ojan yli.



Figure 38. The vehicle did not left skid marks to the front slope.

Kuva 38. Ajoneuvo ei juuri jättänyt jälkiä etuluiskaan.



Figure 37. The vehicle may be damaged by falling off the high backslope

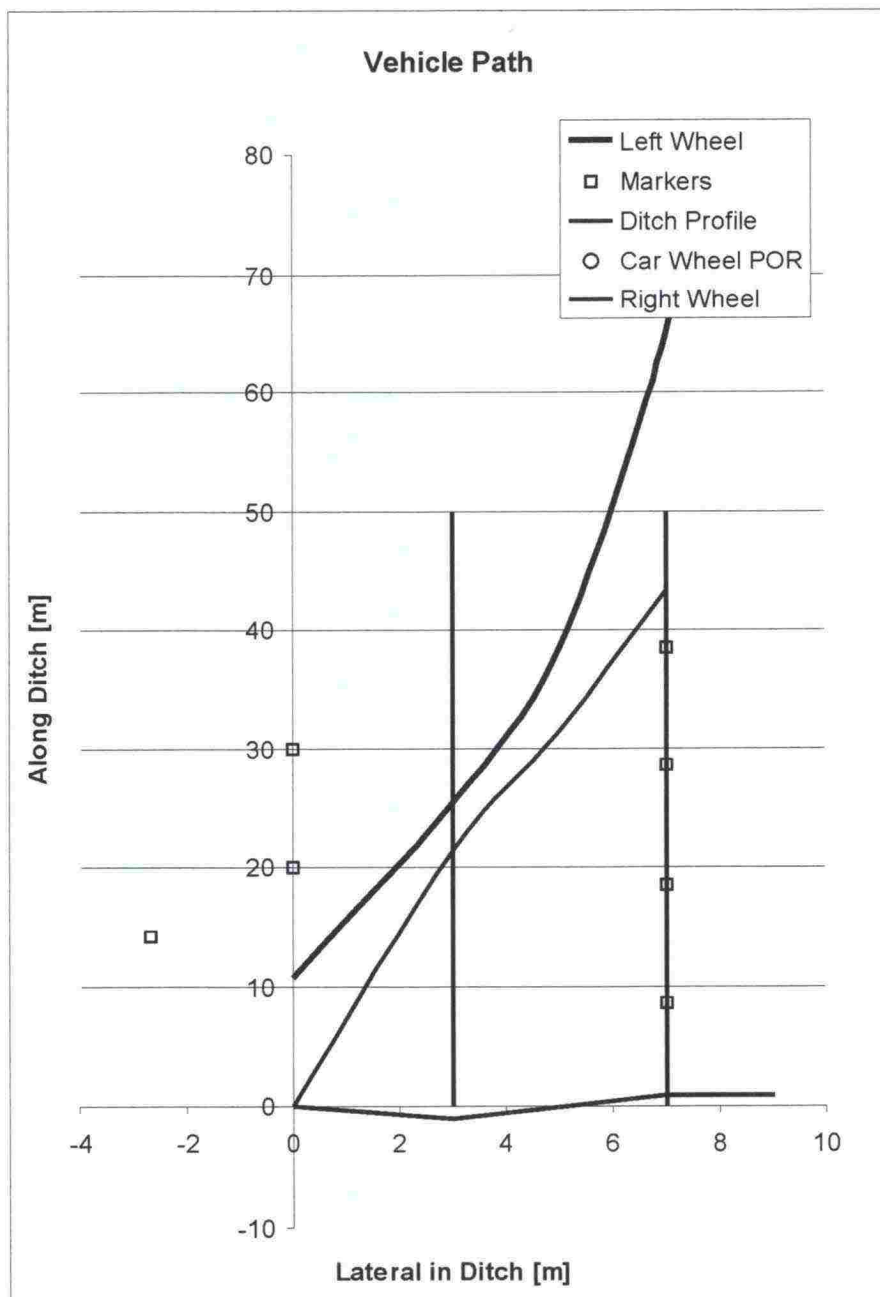
Kuva 37. Ajoneuvo saattoi vaurioitua myös auton pudotessa korkealta ulkoluiskalta.



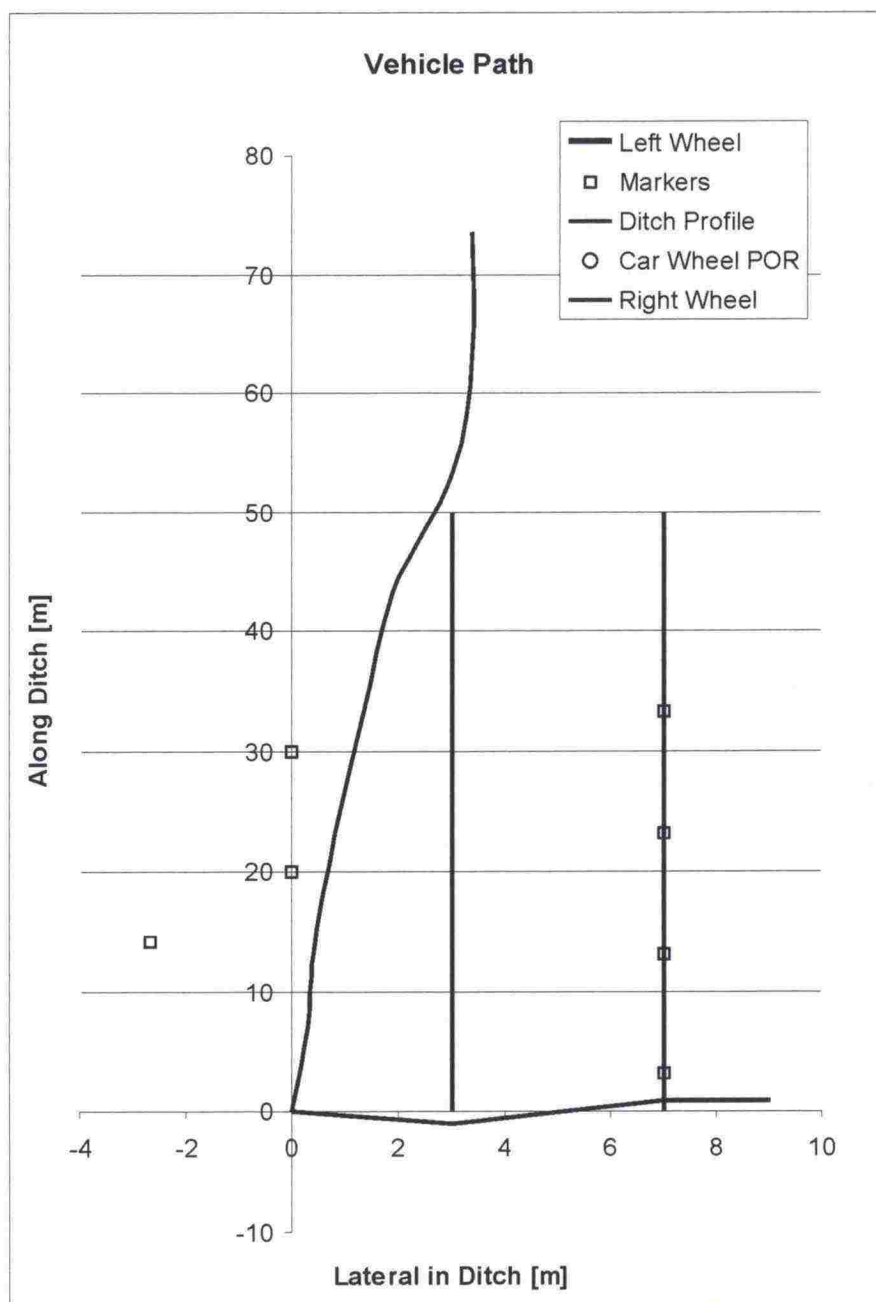
Figure 39. The front of the vehicle suffered large damages.

Kuva 39. Ajoneuvon keula vaurioitui törmäyksessä pahoin.

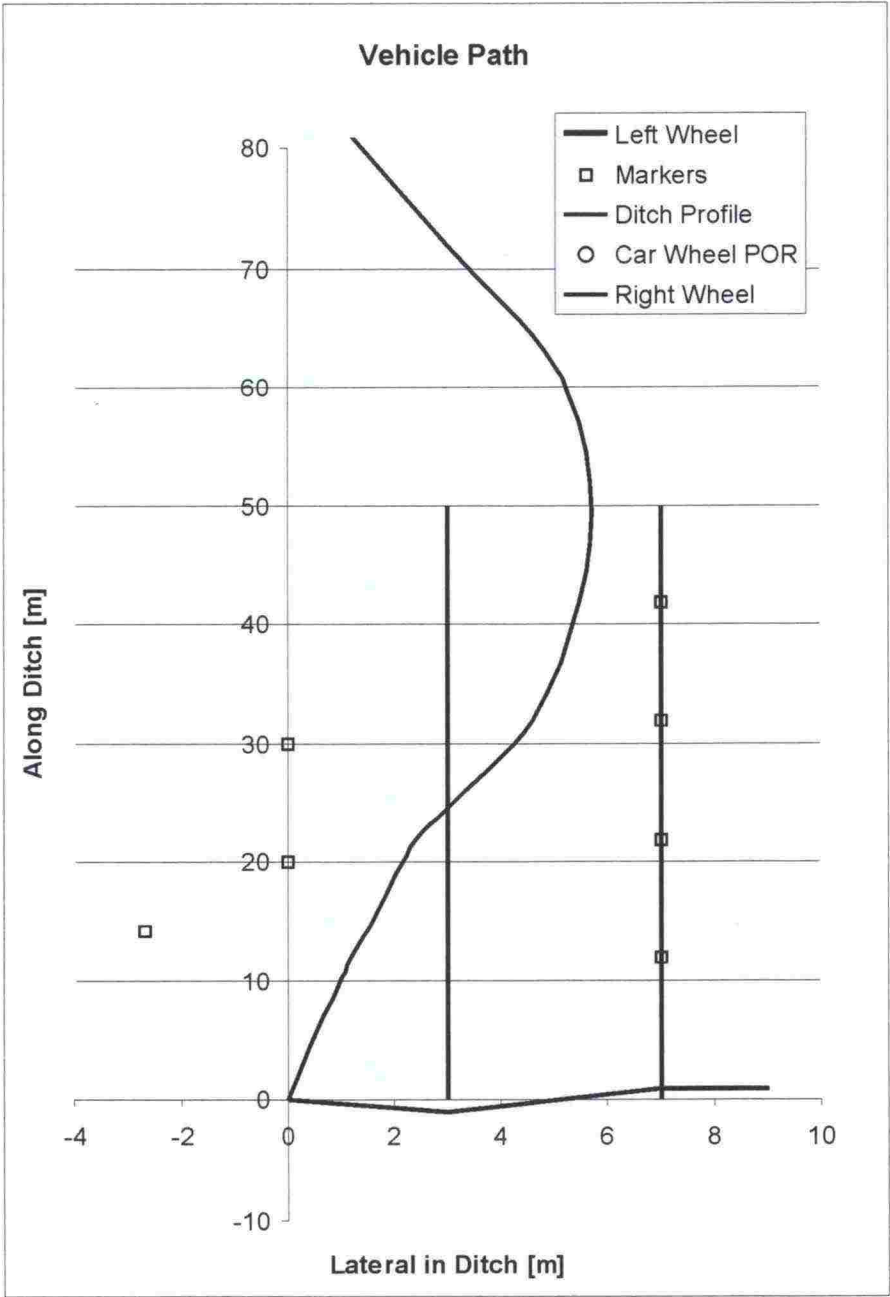
AJONEUVON RATA



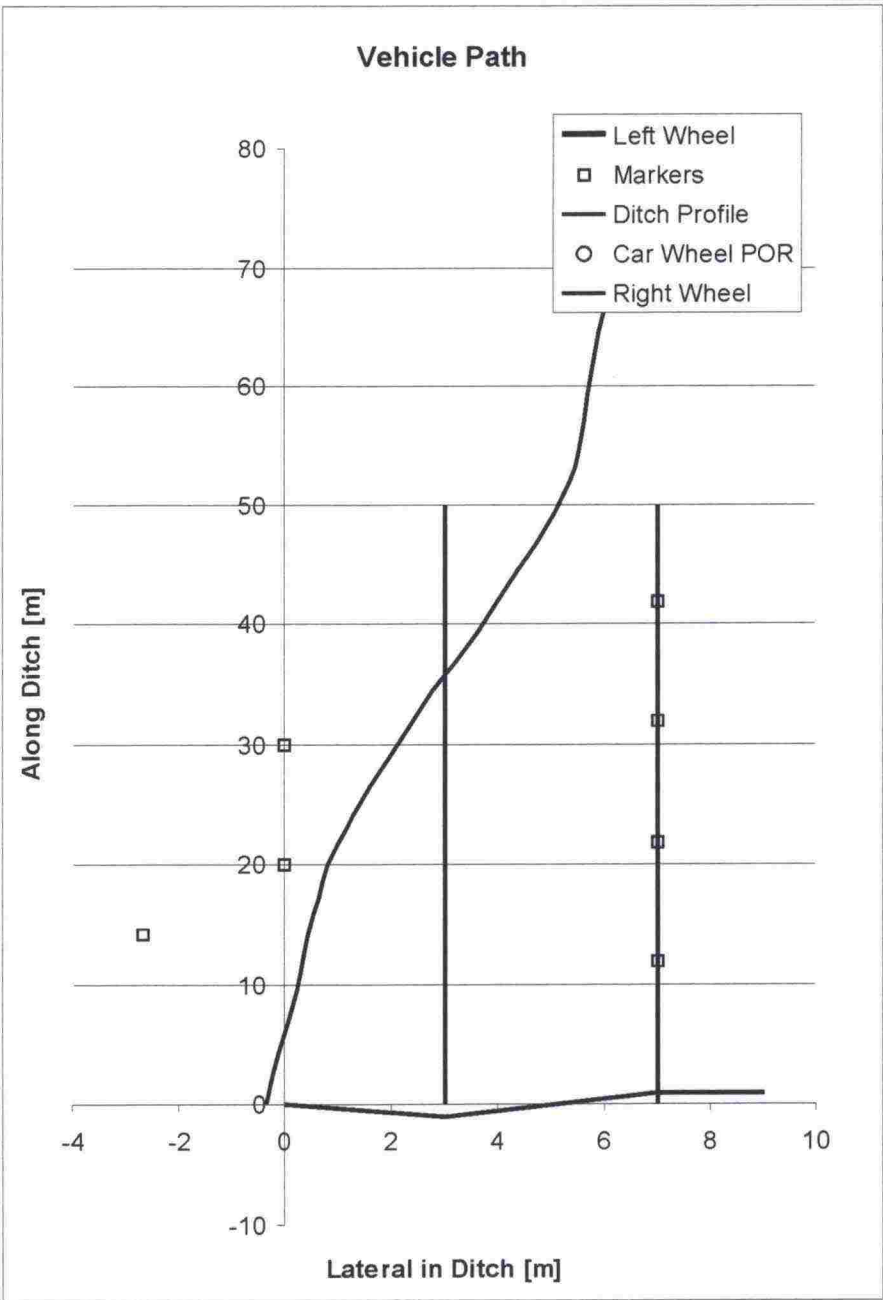
Test 1. Peugeot 205, 84 km/h, 4°



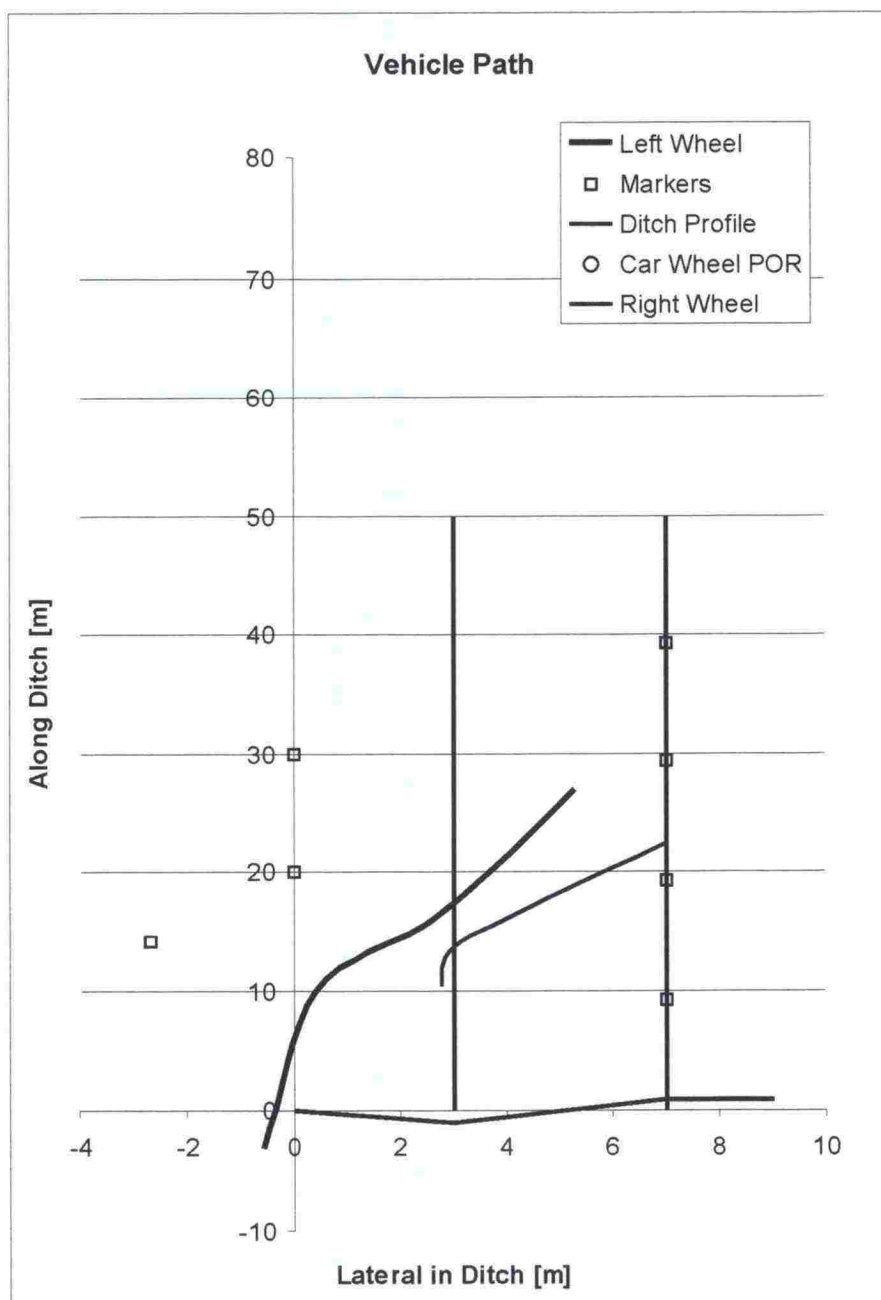
Test 2. Peugeot 205, 78 km/h, 3°



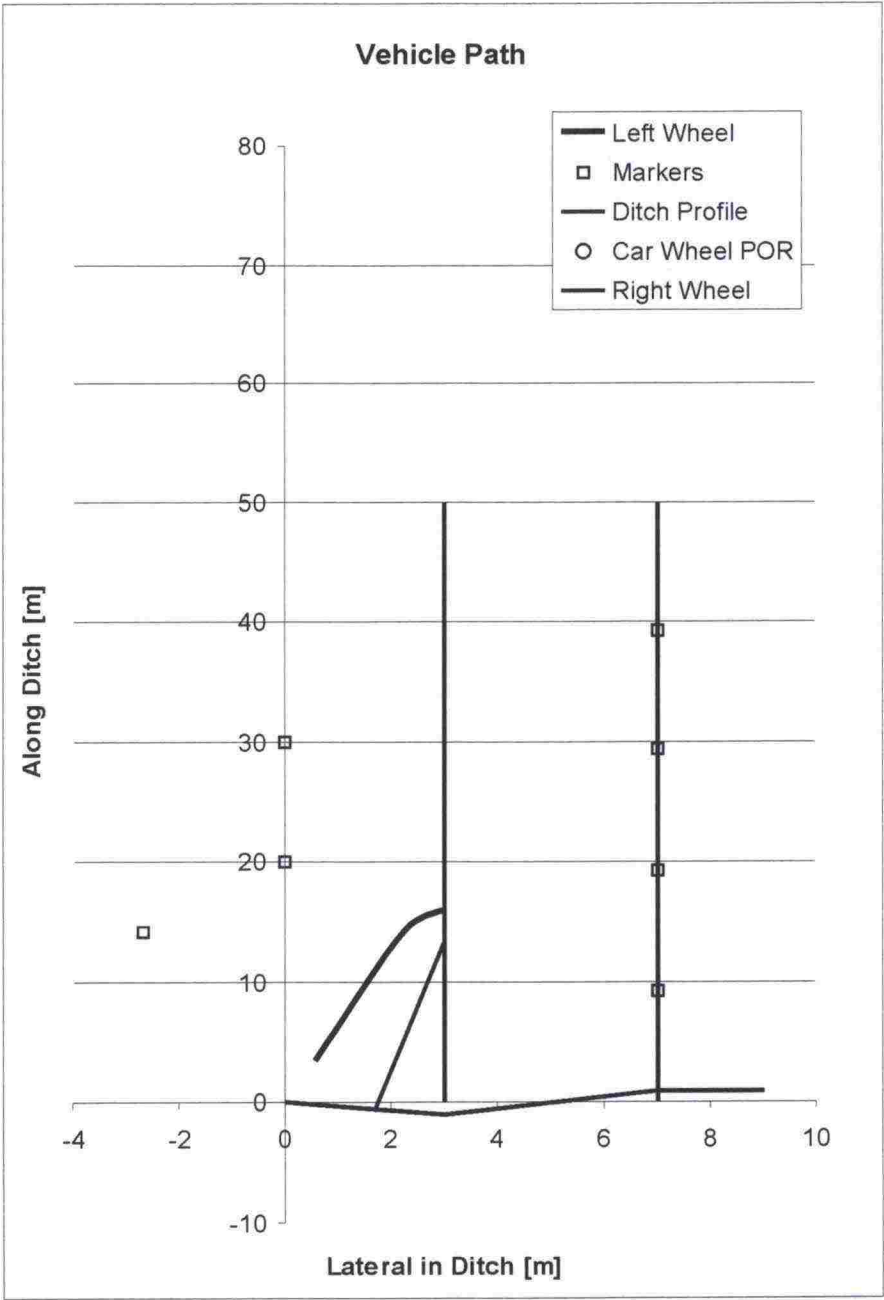
Test 3. Peugeot 205, 102 km/h, 5,7°



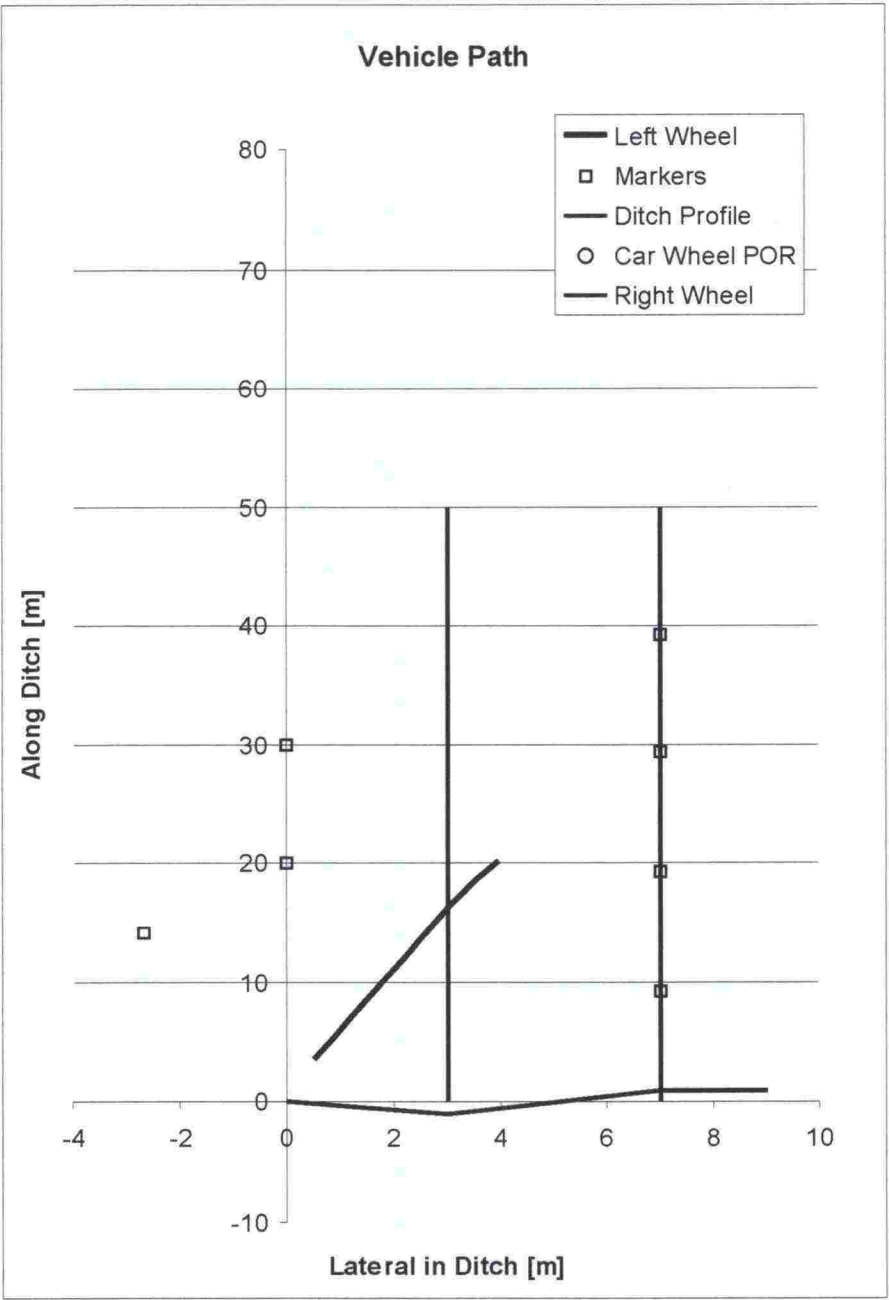
Test 4. Mercedes Benz 200 D (123), 81 km/h, 3,6 °



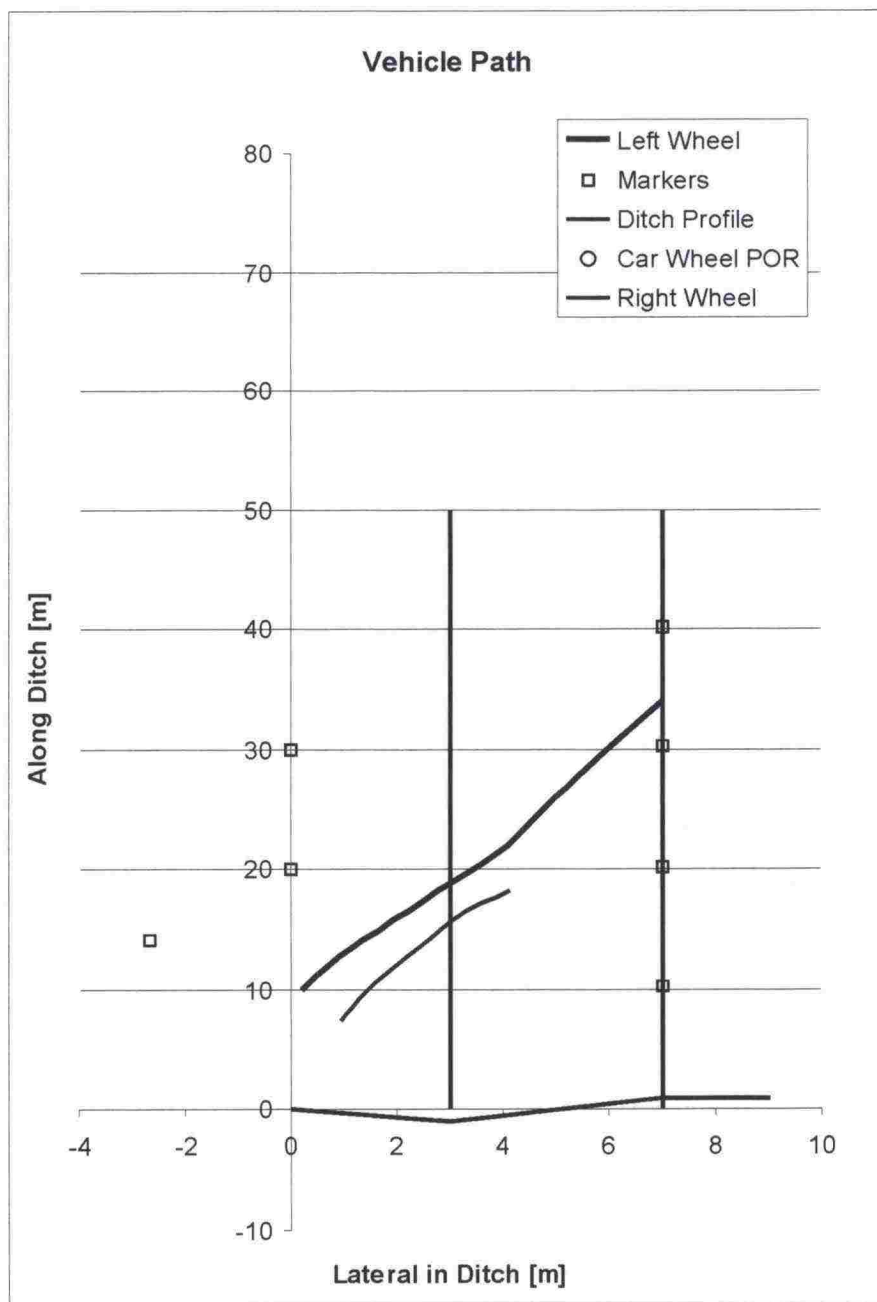
Test 5. Talbot Horizon, 81 km/h, 20,0°



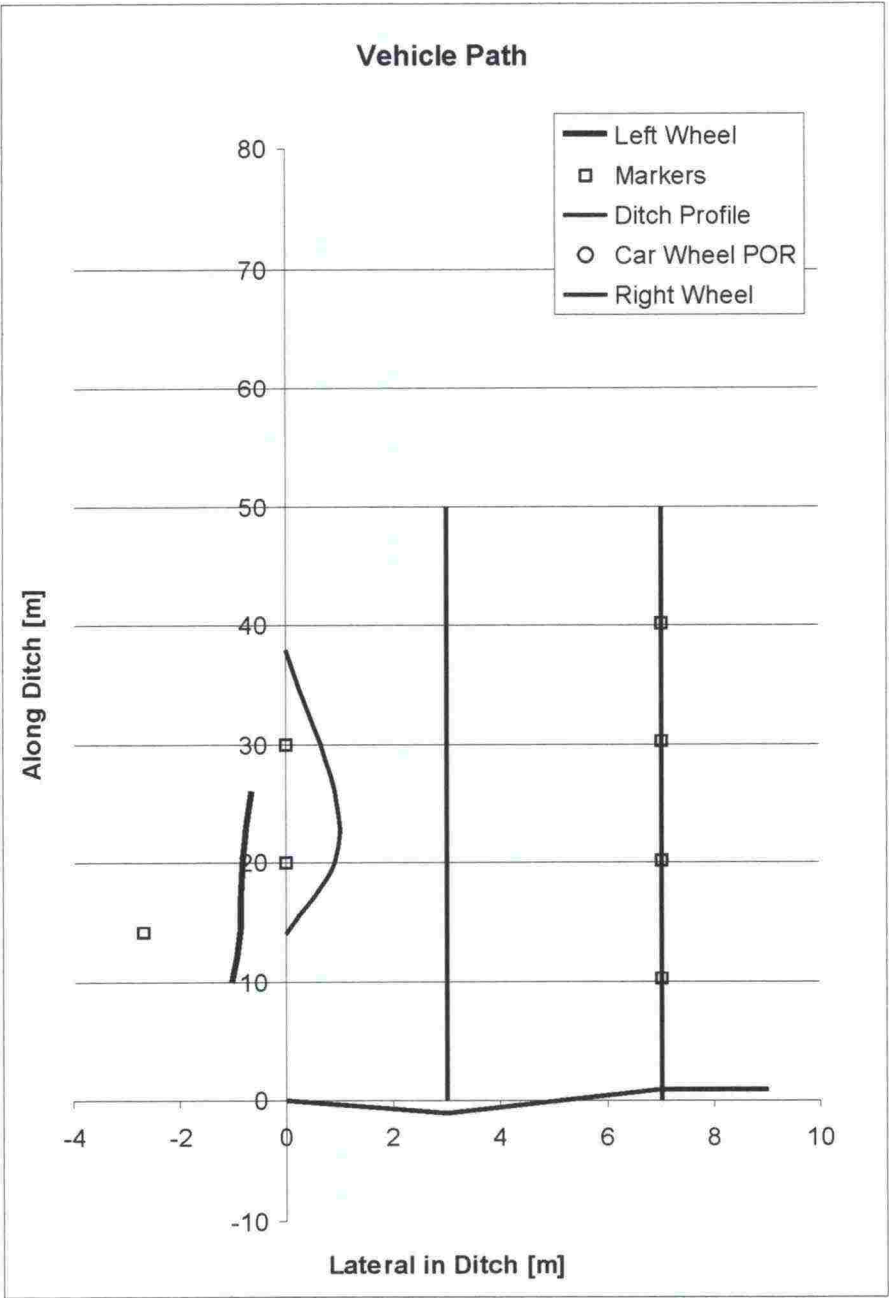
Test 6. Peugeot 205, 79 km/h 20,0°



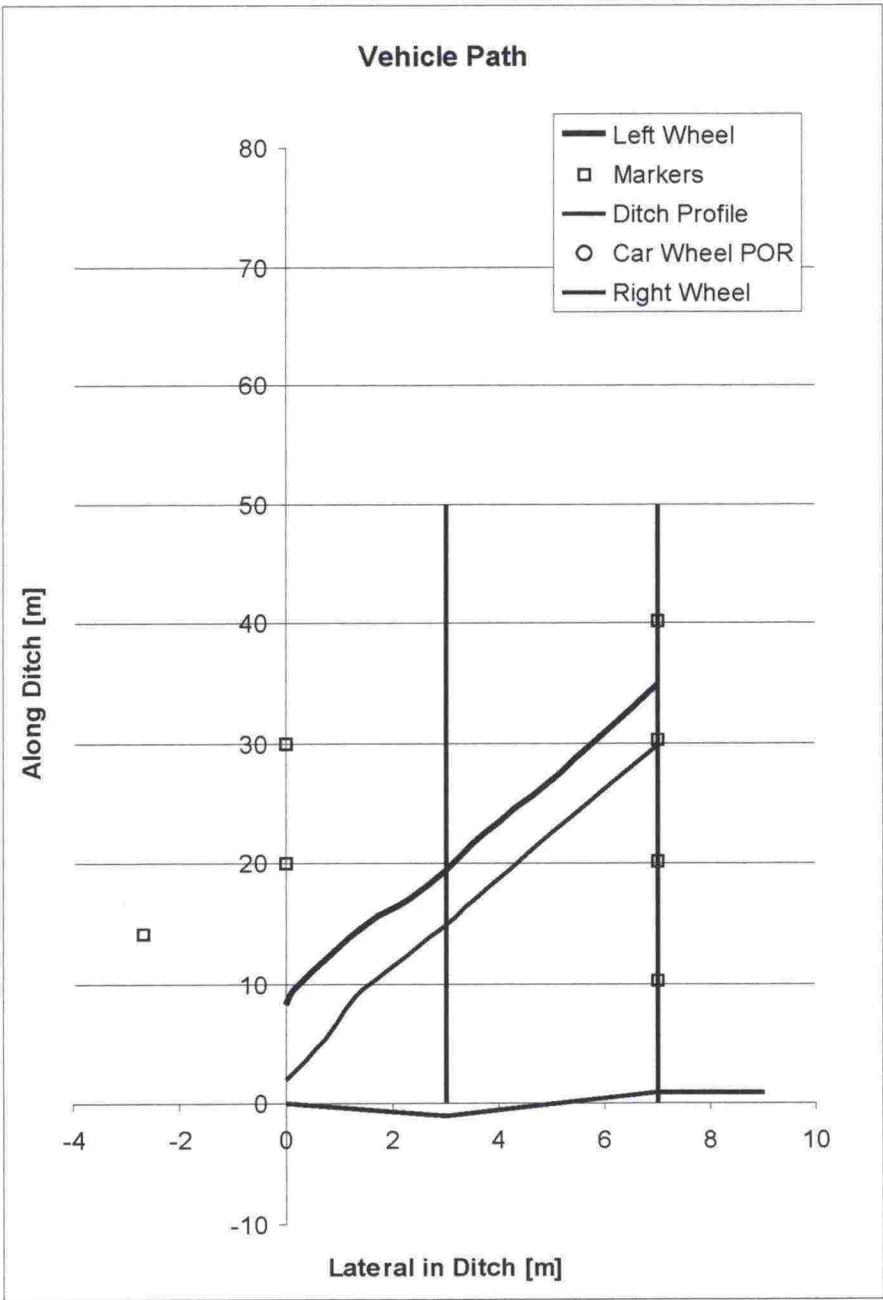
Test 7. Talbot Horizon, 107 km/h, 19,3°



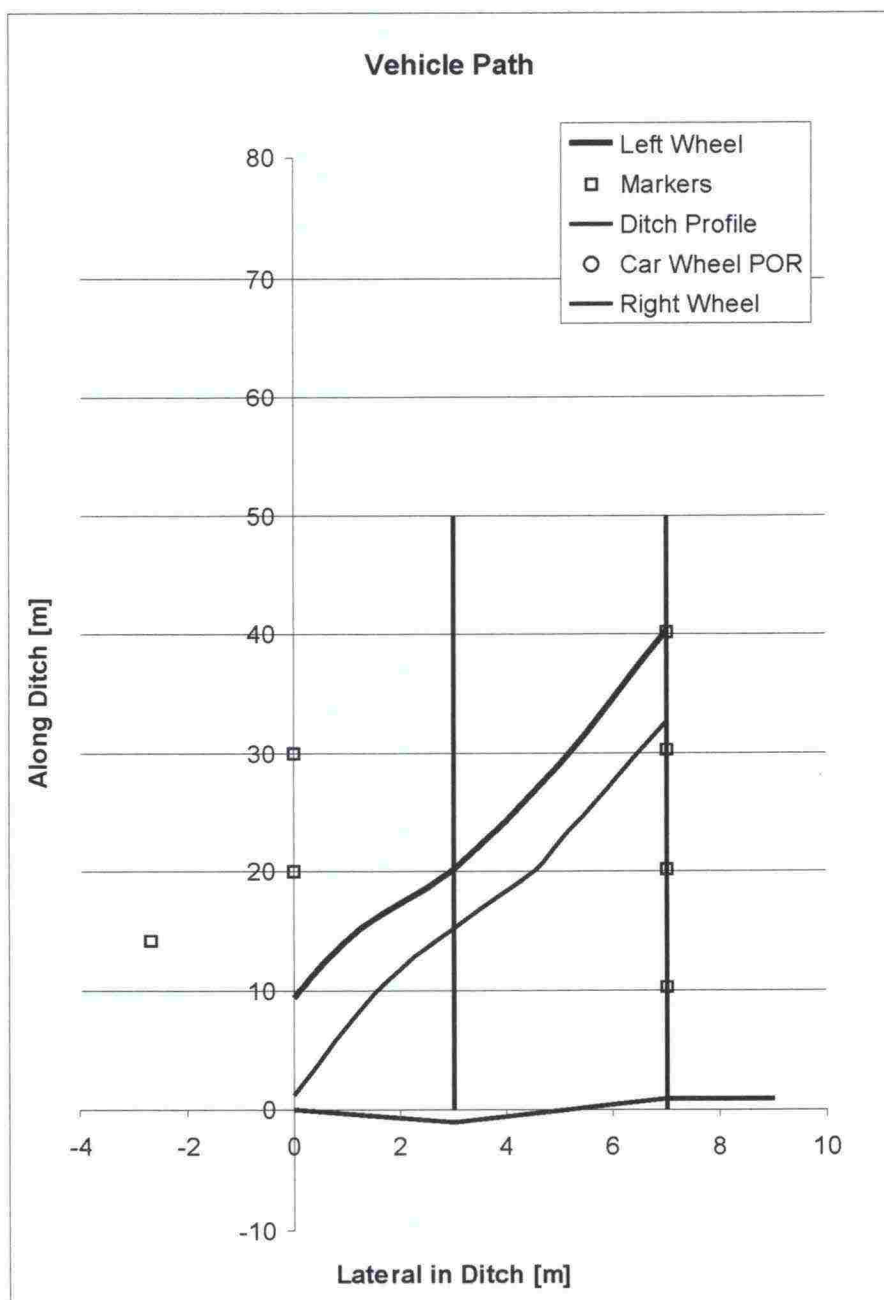
Test 8. Peugeot 205, 83 km/h 9,9 °



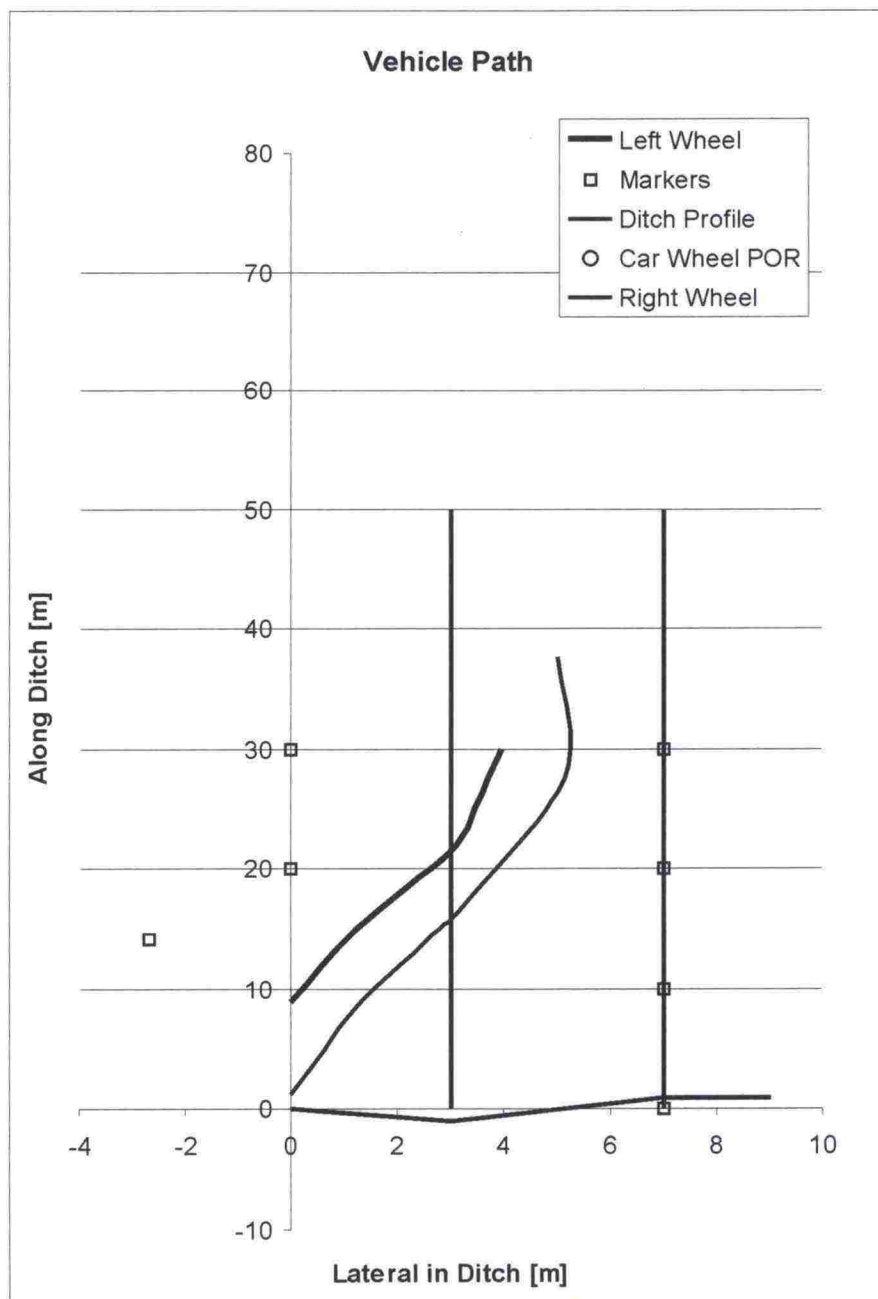
Test 9. Ford Fiesta, 81 km/h 9,0 °



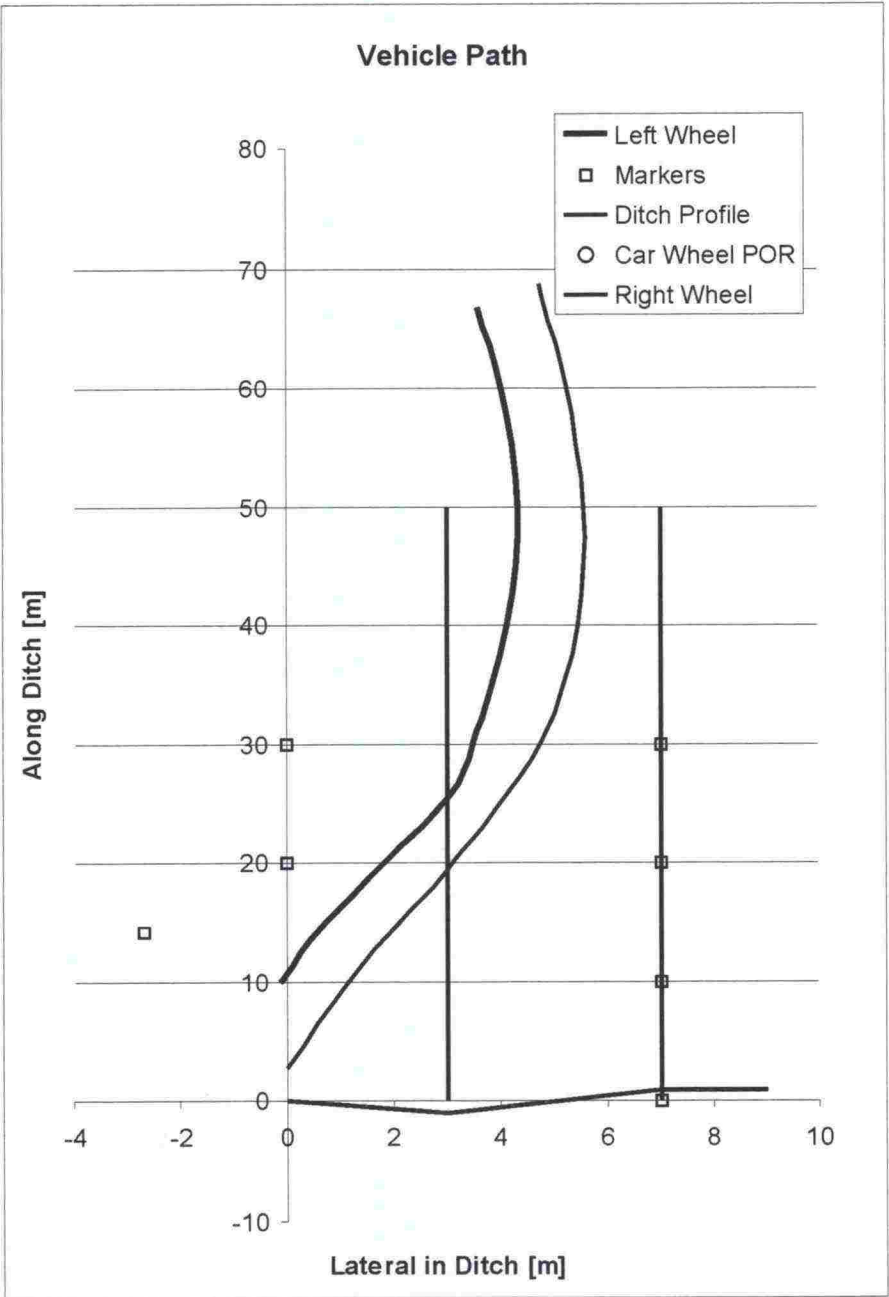
Test 10. Ford Fiesta, 62 km/h 10,0°



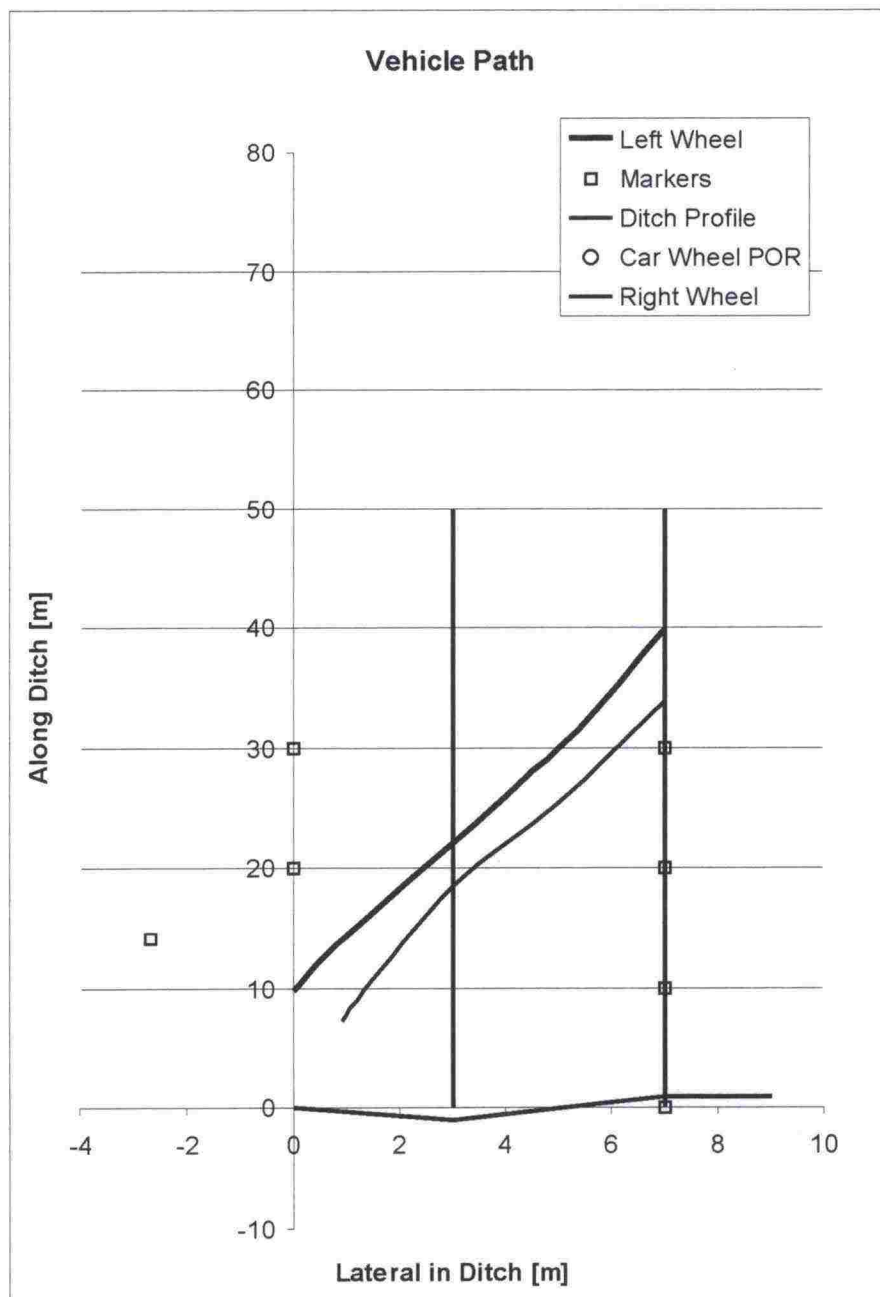
Test 11. Mercedes Benz 200 D (123), 82 km/h 9,7°



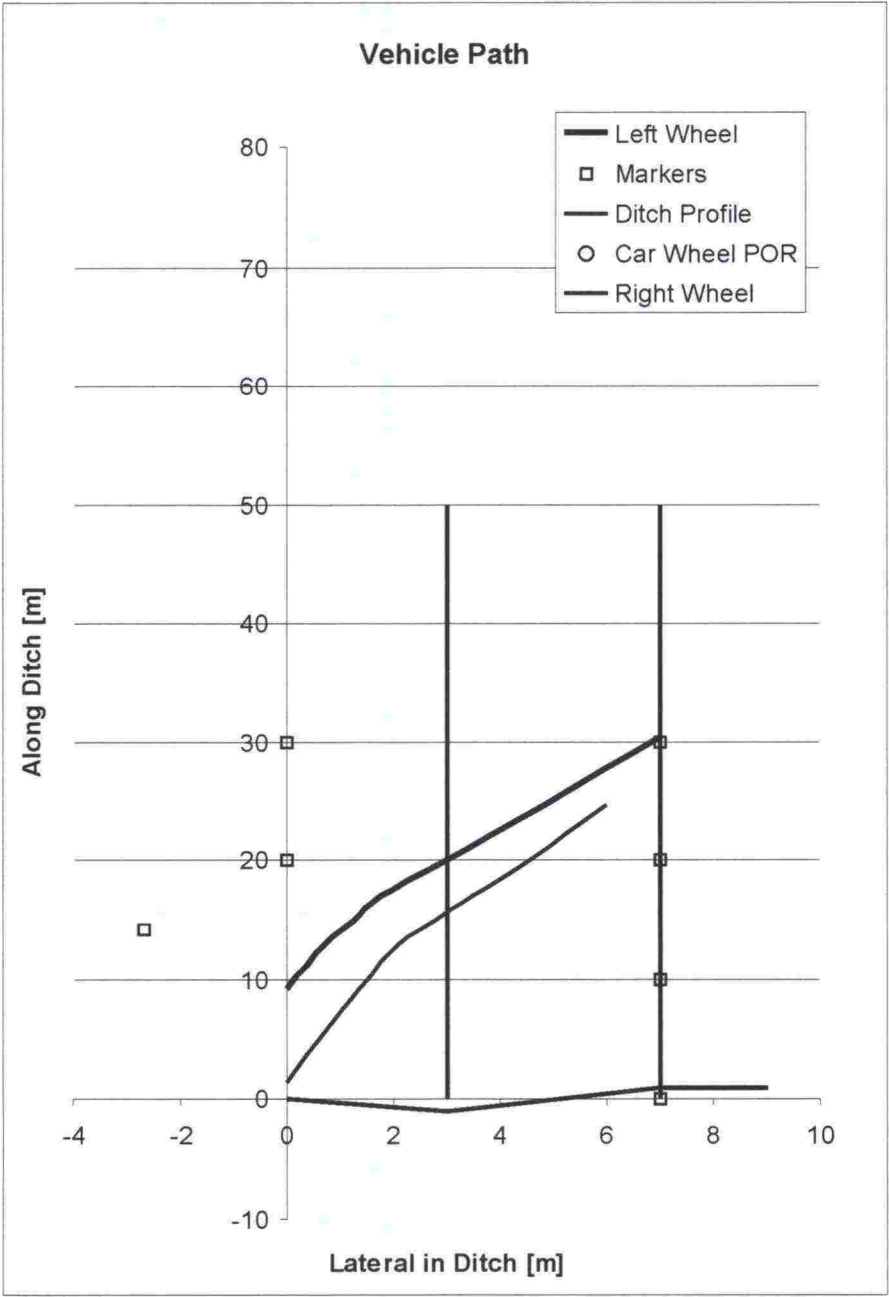
Test 12. Fiat Ritmo, 82 km/h, 10,7°



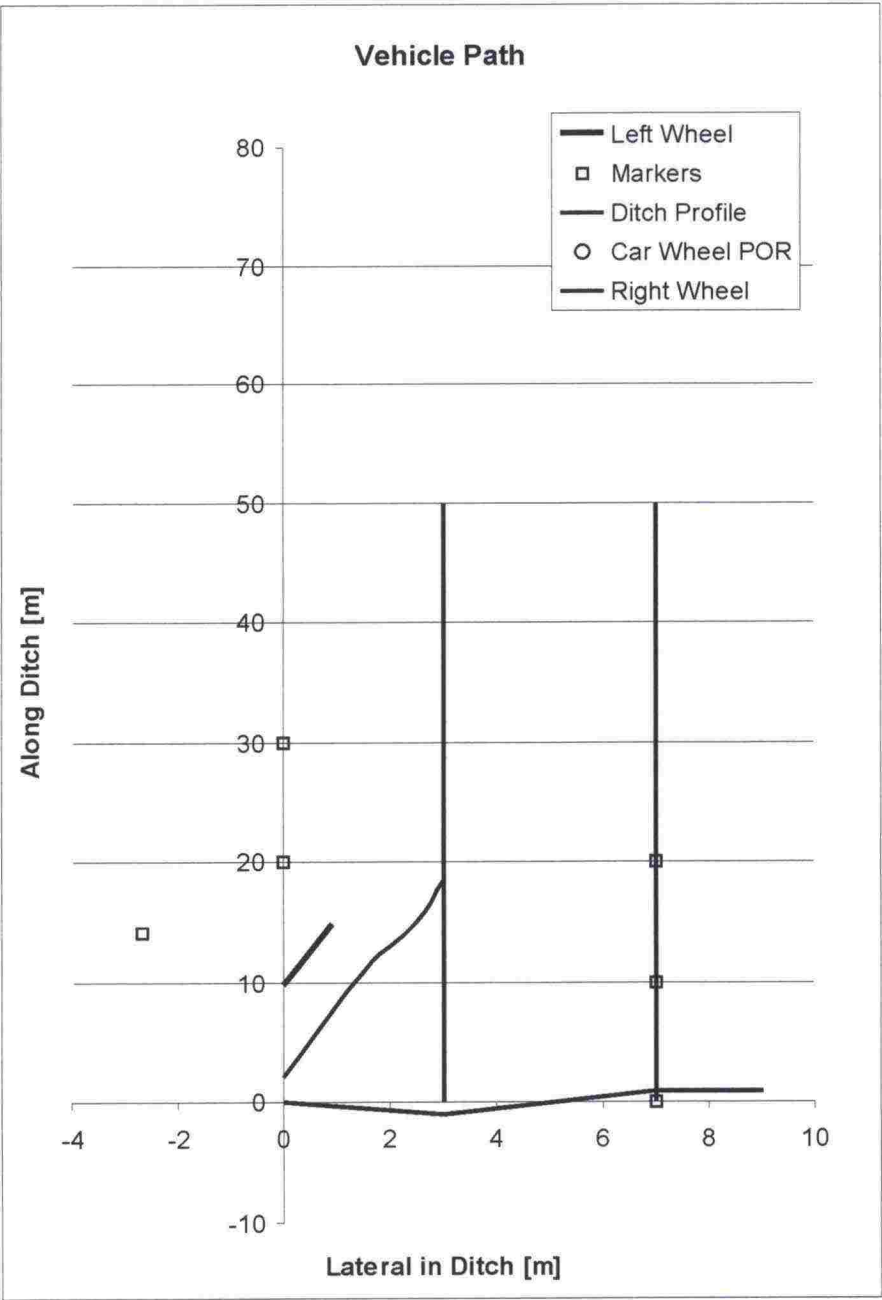
Test 13. Peugeot 205, 82 km/h 10,0°



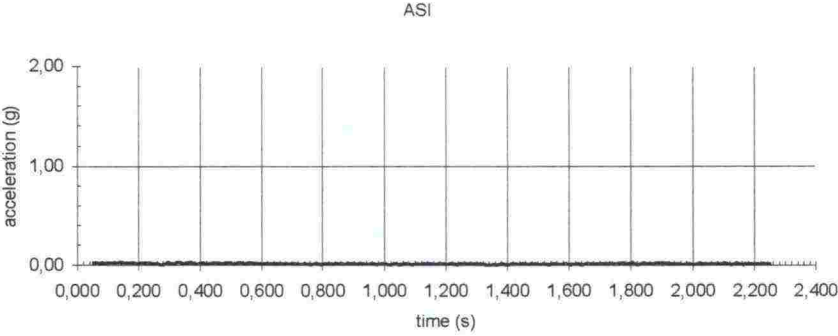
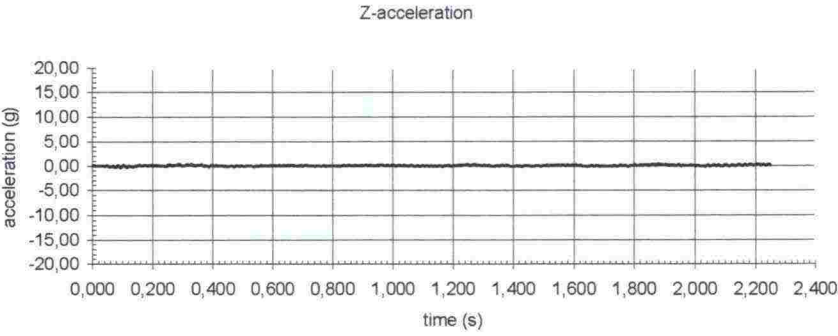
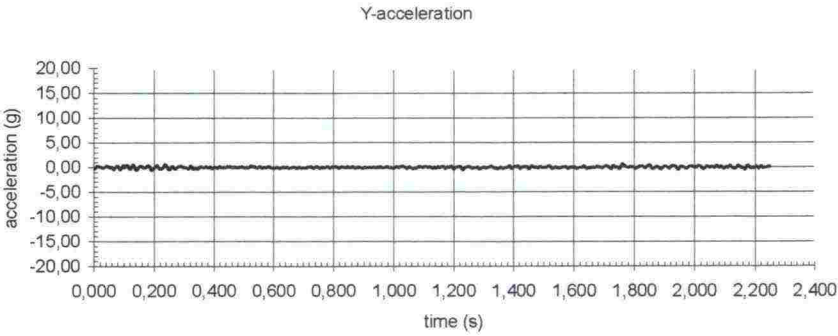
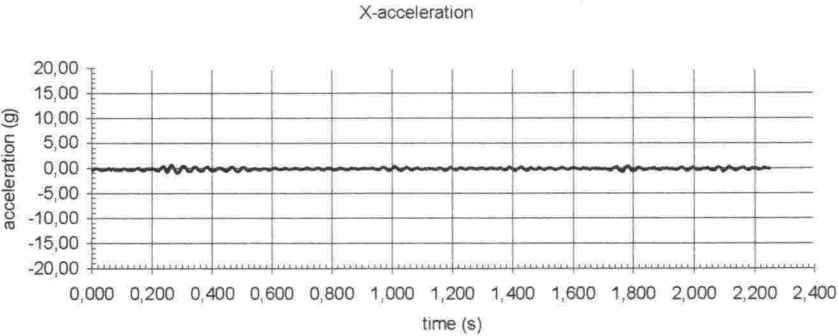
Test 14. Talbot Horizon, 100 km/h, 9,9°



Test 15. Talbot Horizon, 96 km/h, 10,0°

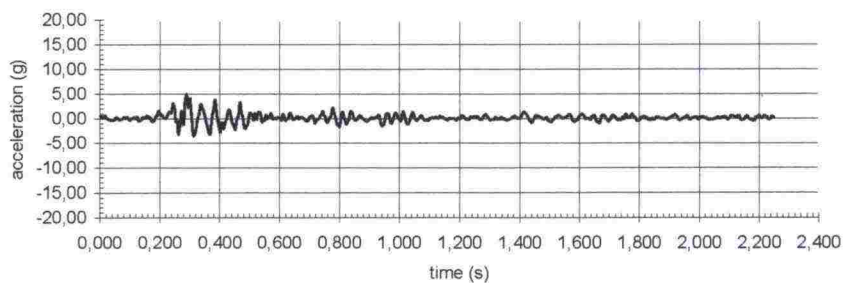


Test 16. Peugeot 205, 105 km/h, 10,0 °

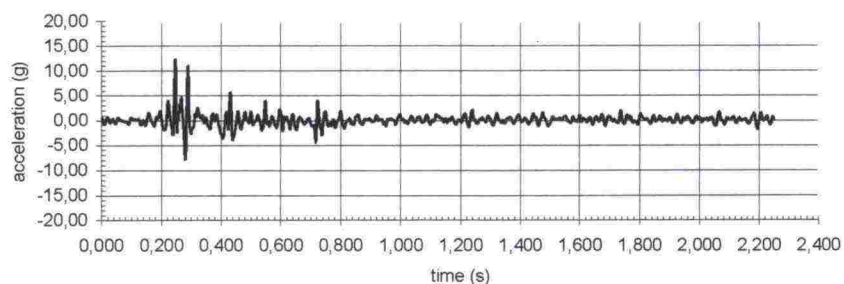


Test 2. Peugeot 205, 78 km/h, 3 °

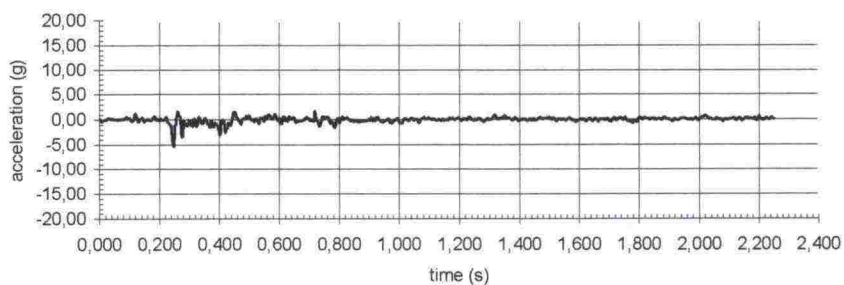
X-acceleration



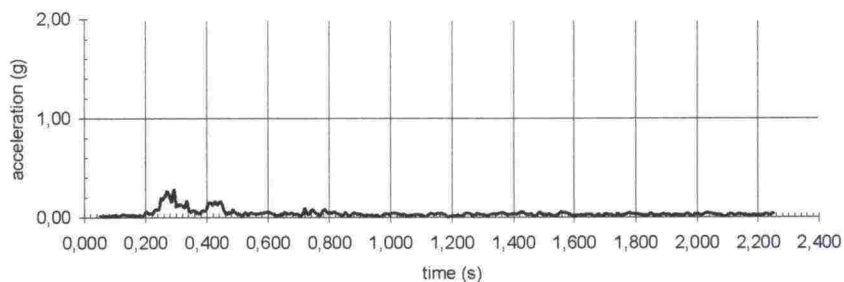
Y-acceleration



Z-acceleration

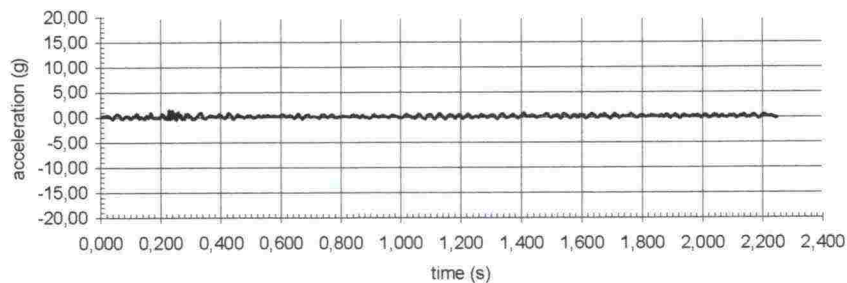


ASI

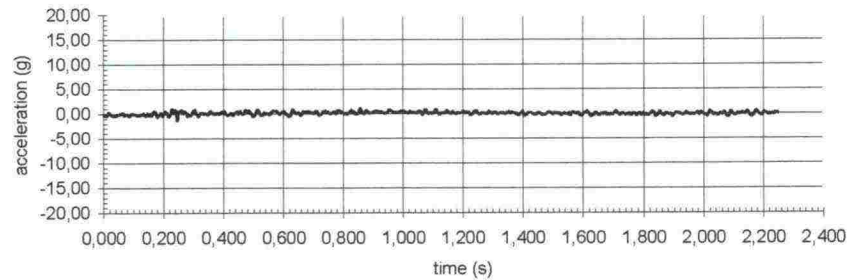


Test 3. Peugeot 205, 102 km/h, 5,7°

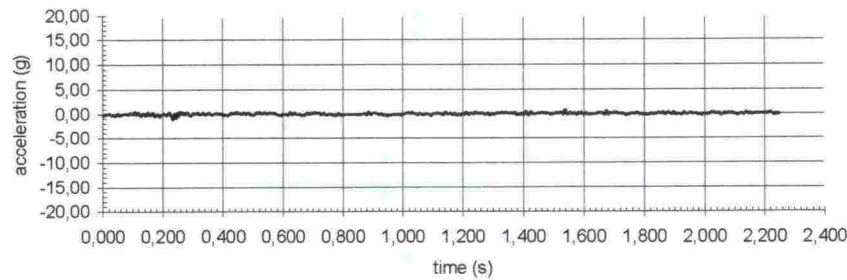
X-acceleration



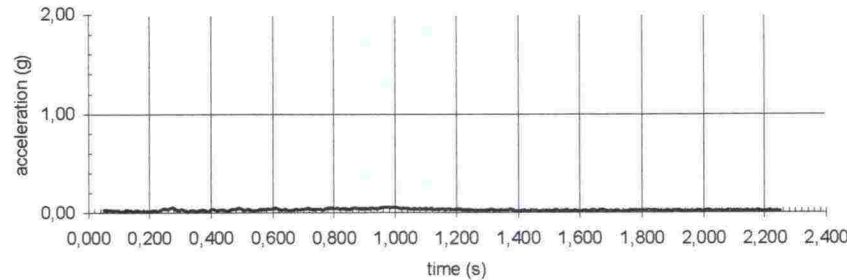
Y-acceleration



Z-acceleration

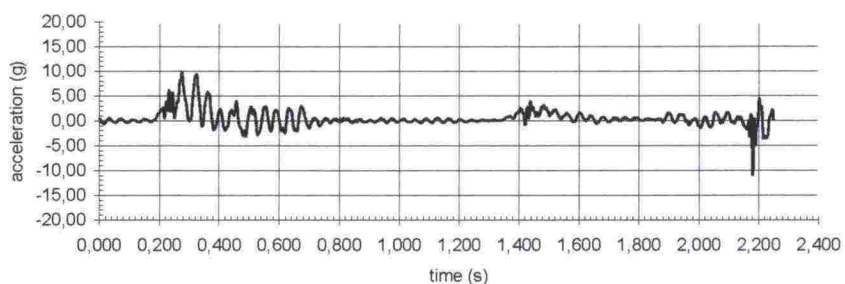


ASI

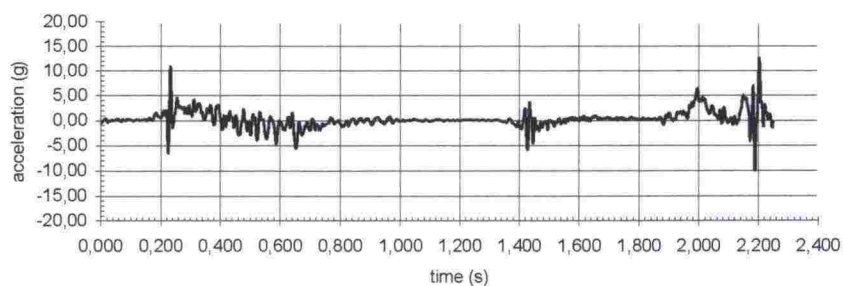


Test 4. Mercedes Benz 200 D (123), 81 km/h, 3,6 °

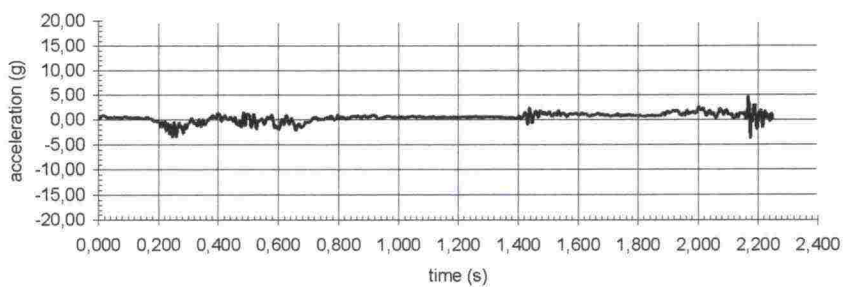
X-acceleration



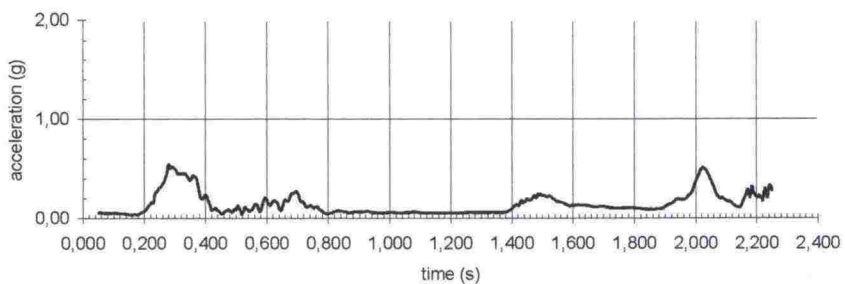
Y-acceleration



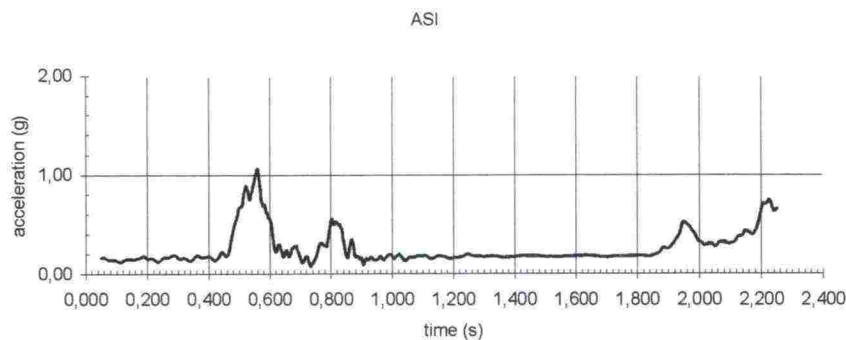
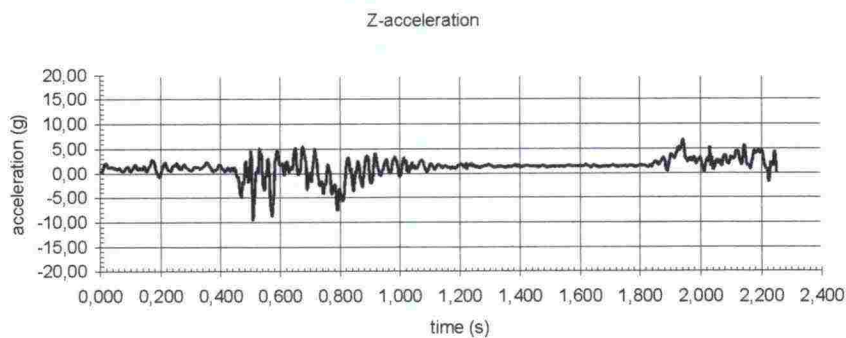
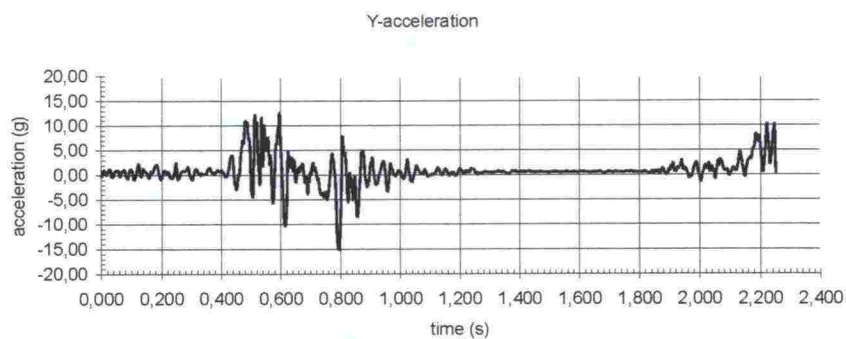
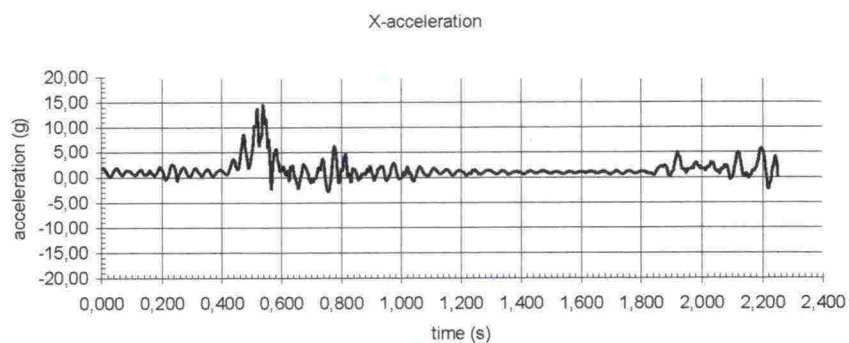
Z-acceleration



ASI

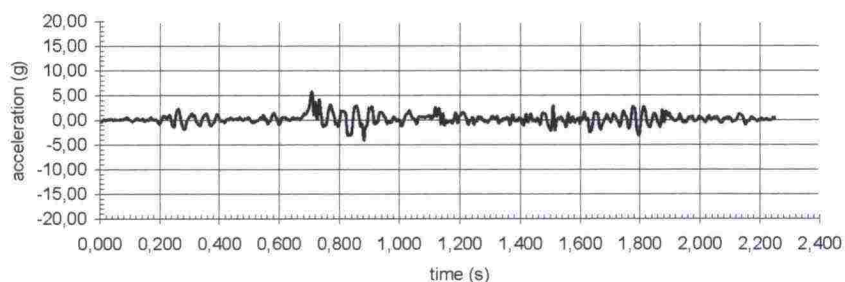


Test 6. Peugeot 205, 79 km/h 20,0 °

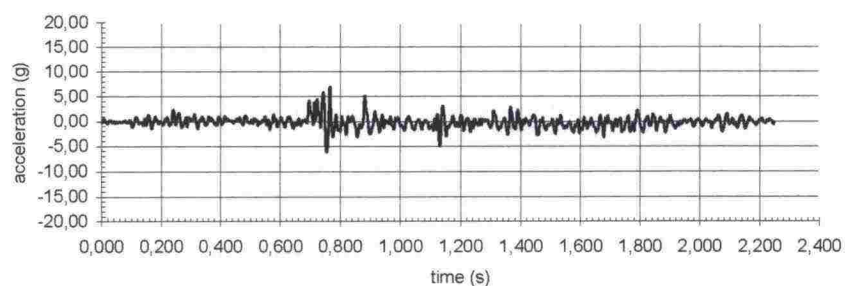


Test 7. Talbot Horizon, 107 km/h, 19,3°

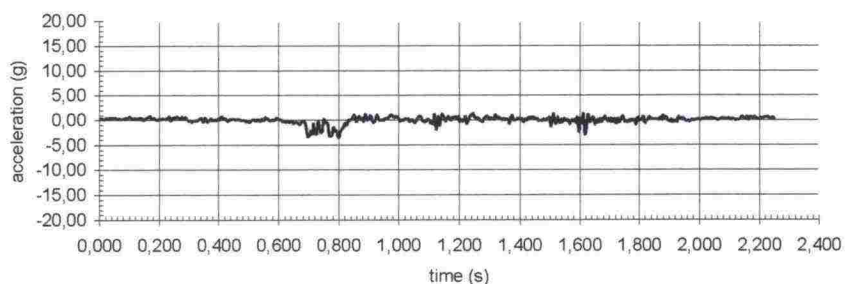
X-acceleration



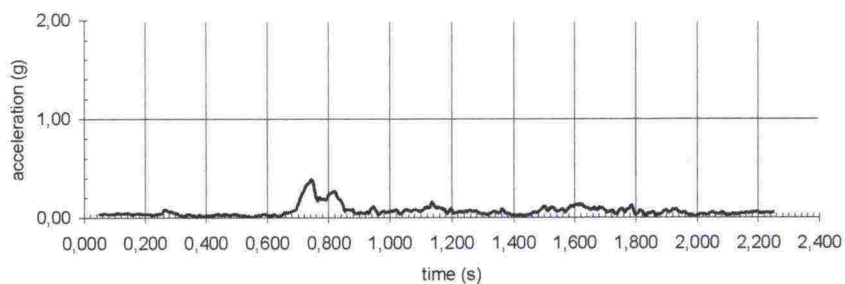
Y-acceleration



Z-acceleration

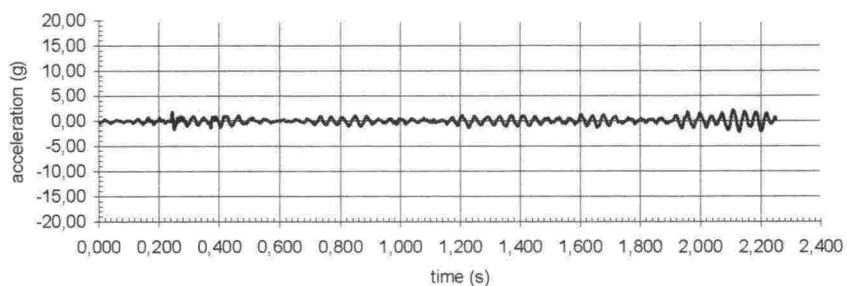


ASI

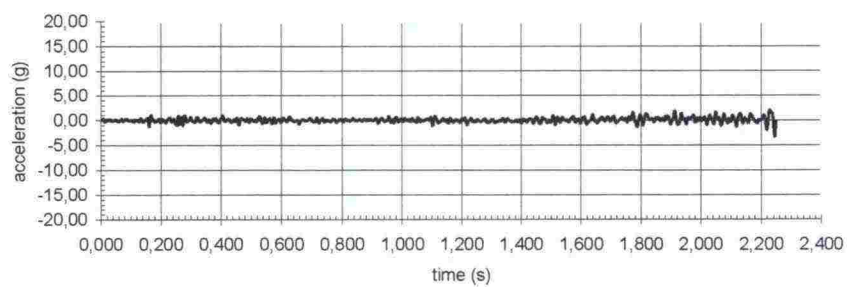


Test 8. Peugeot 205, 83 km/h 9,9 °

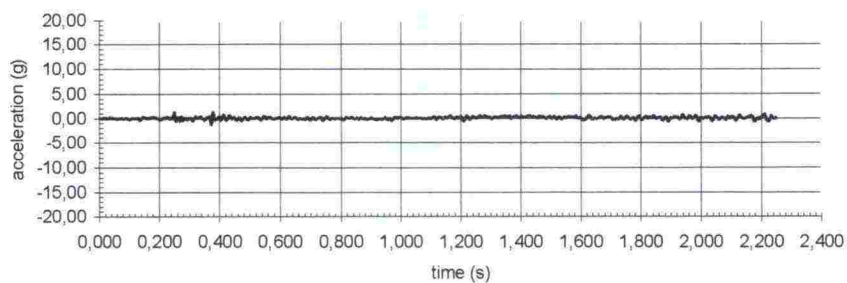
X-acceleration



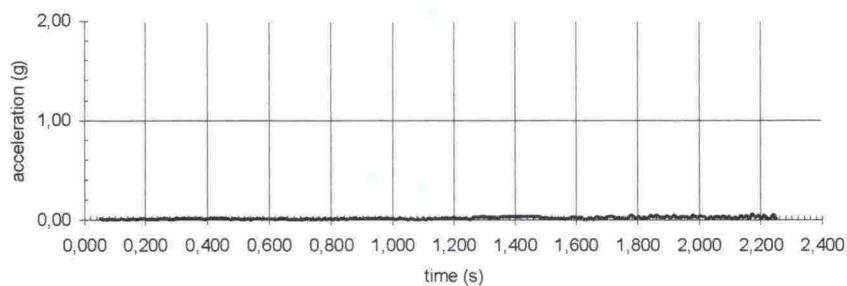
Y-acceleration



Z-acceleration

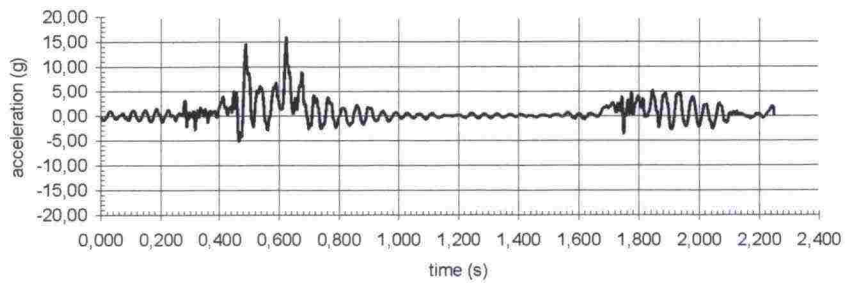


ASI

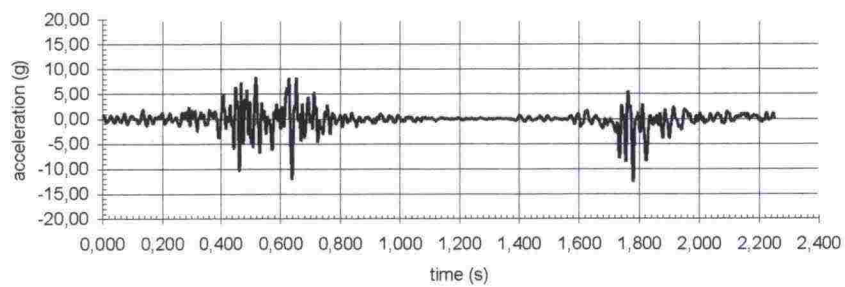


Test 13. Peugeot 205, 82 km/h 10,0 °

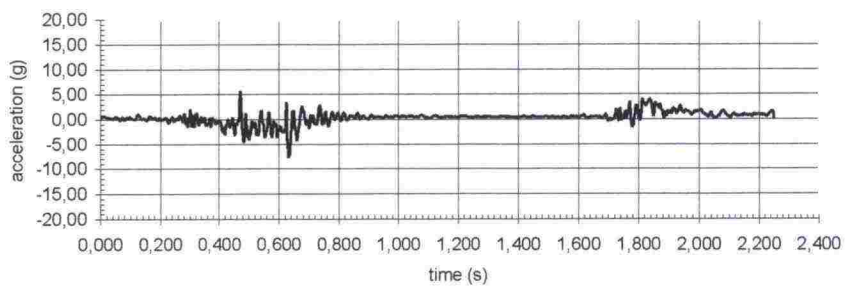
X-acceleration



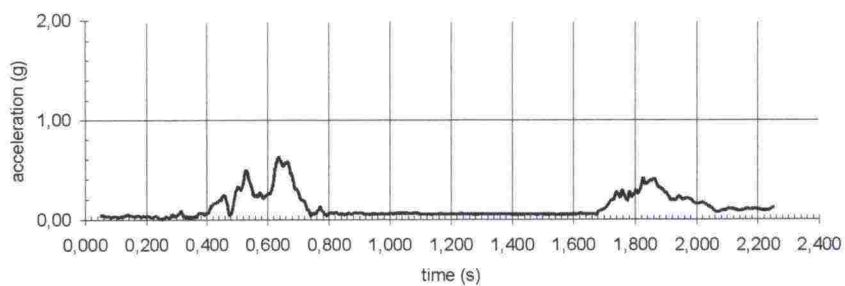
Y-acceleration



Z-acceleration



ASI



Test 16. Peugeot 205, 105 km/h, 10,0 °

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-002-2
TIEH 3200798